

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-322557
(43)Date of publication of application : 20.11.2001

(51)Int.CI. B62D 6/00
B62D 7/14
// B62D101:00
B62D113:00
B62D137:00

(21)Application number : 2000-145630 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP
(22)Date of filing : 17.05.2000 (72)Inventor : SHIRAKI TAKAHIRO

(72) Inventor : SHIRAKI TAKAHIRO
FUJITA KOZO
HARA KATSUYA
TAKEDA OSAMU
FURUHIRA TAKAHIR

(54) VEHICULAR MULTI-WHEEL INDEPENDENT STEERING DEVICE

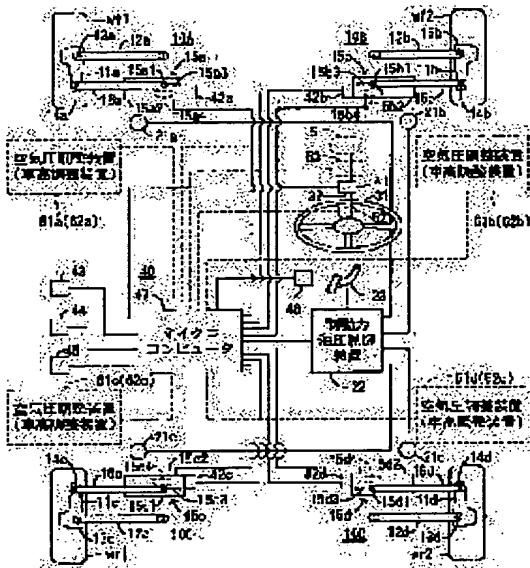
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To precisely cope with a case where abnormality is caused in an actuator and a sensor in a multi-wheel independent steering vehicle such as a four-wheel independent steering vehicle.

SOLUTION: A microcomputer 47 respectively calculates a target steering angle of respective wheels Wf_1 , Wf_2 , Wr_1 and Wr_2 according to a steering angle of a steering wheel and a vehicle speed.

Steering mechanisms 15a to 15d are controlled by using respective wheel steering angles respectively detected by wheel steering angle sensors 42a to 42d, and the respective wheels Wf1, Wf2, Wr1 and Wr2 are respectively and independently set-to the target steering angle. When abnormality is caused in a part of the steering mechanisms 15a to 15d and the wheel steering angle sensors 42a to 42d, influence by steering of the wheels corresponding to the abnormality caused mechanisms or sensors is negated by the left-right opposite side wheels, and the steering is continued by the front-rear opposite side wheels.

the steering is continued by the front rear opposite side right wheel, or the vehicle is forcedly stopped by controlling a braking force hydraulic control device.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-322557

(P2001-322557A)

(43) 公開日 平成13年11月20日 (2001. 11. 20)

(51) Int.Cl.⁷

B 6 2 D 6/00

7/14

// B 6 2 D 101:00

113:00

137:00

識別記号

F I

マークド (参考)

B 6 2 D 6/00

3 D 0 3 2

7/14

A 3 D 0 3 4

101:00

113:00

137:00

審査請求 未請求 請求項の数26 O.L (全 25 頁)

(21) 出願番号

特願2000-145630(P2000-145630)

(22) 出願日

平成12年5月17日 (2000. 5. 17)

(71) 出願人

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者

白木 崇裕

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者

藤田 耕造

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人

100088971

弁理士 大庭 咲夫 (外1名)

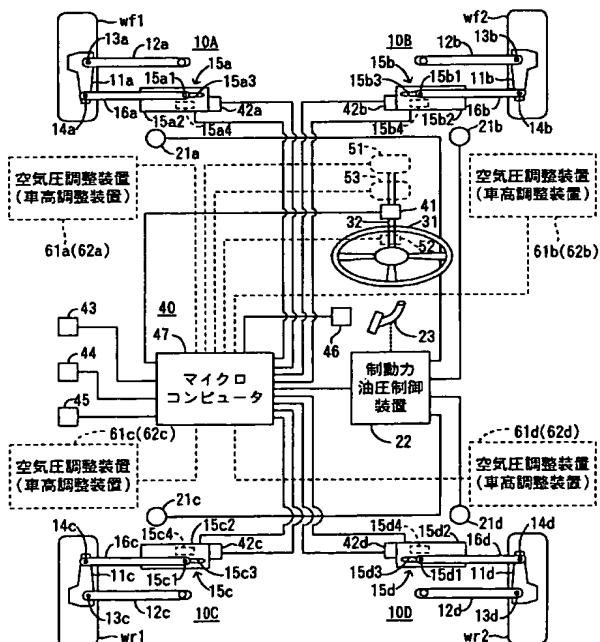
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 車両の複数輪独立操舵装置

(57) 【要約】

【課題】 4輪独立操舵車両などの複数輪独立操舵車両において、アクチュエータ、センサなどに異常が発生した場合に的確に対処する。

【解決手段】 マイクロコンピュータ47は、ハンドル舵角及び車速に応じて各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の目標舵角をそれぞれ計算する。そして、車輪舵角センサ42a～42dによりそれぞれ検出された各車輪舵角を用いて、操舵機構15a～15dを制御して、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2をそれぞれ独立して目標舵角に設定する。操舵機構15a～15d及び車輪舵角センサ42a～42dの一部に異常が生じたとき、異常の発生した機構又はセンサに対応する車輪の操舵による影響を左右反対側の車輪などにより打ち消して、前後反対側の左右輪による操舵を続けたり、制動力油圧制御装置などを制御して車両を強制的に停止させたりする。



1

2

【特許請求の範囲】

【請求項1】車両における複数の車輪にそれぞれ対応して設けられて前記複数の車輪を独立して操舵可能な複数の操舵機構と、前記複数の車輪の舵角をそれぞれ検出する複数の舵角検出手段と、操舵ハンドルの回動操作に応答し、前記複数の舵角検出手段によりそれぞれ検出された各舵角を用いて複数の操舵機構をそれぞれ制御することにより同複数の車輪を独立して操舵する操舵制御手段とを備えた車両の複数輪独立操舵装置において、前記複数の舵角検出手段の異常を検出する異常検出手段と、前記異常検出手段により前記複数の舵角検出手段のうちのいずれかの舵角検出手段の異常が検出されたとき、同異常の検出された舵角検出手段に対応した車輪の舵角を、同異常の検出された舵角検出手段以外の舵角検出手段によって検出された舵角及び車両の運動状態に基づいて推定する舵角推定手段とを設け、前記推定した舵角を前記操舵制御手段による車輪の操舵制御に用いることを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項2】前記請求項1に記載した車両は左右前後の4輪を独立に操舵可能な車両であるとともに、前記操舵機構及び舵角検出手段をそれぞれ四つずつ設けており、前記舵角推定手段は、前記四つの舵角検出手段のうちのいずれか一つの舵角検出手段の異常が検出されたとき同異常の検出された舵角検出手段に対応した車輪の舵角を推定するものである車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項3】左右前後の4輪にそれぞれ対応して設けられて同4輪を独立して操舵可能な四つの操舵機構と、前記4輪の舵角をそれぞれ検出する四つの舵角検出手段と、操舵ハンドルの回動操作に応答し、前記四つの舵角検出手段によりそれぞれ検出された各舵角を用いて前記四つの操舵機構をそれぞれ制御することにより前記4輪を独立して操舵する操舵制御手段とを備えた車両の複数輪独立操舵装置において、前記四つの舵角検出手段の異常を検出する異常検出手段と、

前記異常検出手段によって前記四つの舵角検出手段のうちのいずれか一つの舵角検出手段の異常が検出されたとき、同一つの舵角検出手段に対応した車輪及び同車輪の左右反対側の車輪を中立位置に復帰させる中立復帰制御手段とを設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項4】前記請求項3に記載した複数輪独立操舵装置において、前記異常検出手段によって前記四つの舵角検出手段のうちのいずれか一つの舵角検出手段の異常が検出されたとき、操舵ハンドルの回動操作に応答し、前記異常の検出

された一つの舵角検出手段に対応した車輪と前後反対側の左右2輪を、同前後反対側の左右2輪に対応した舵角検出手段によって検出された舵角を用いて操舵制御する2輪操舵制御手段を設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項5】車両における複数の車輪にそれぞれ対応して設けられて前記複数の車輪を独立して操舵可能な複数の操舵機構と、前記複数の車輪の舵角をそれぞれ検出する複数の舵角検出手段と、

操舵ハンドルの回動操作に応答し、前記複数の舵角検出手段によりそれぞれ検出された各舵角を用いて複数の操舵機構をそれぞれ制御することにより同複数の車輪を独立して操舵する操舵制御手段とを備えた車両の複数輪独立操舵装置において、前記複数の舵角検出手段の異常を検出する異常検出手段と、

前記異常検出手段により前記複数の舵角検出手段のうちのいずれか二つ以上の舵角検出手段の異常が検出されたとき、車両を停止制御する停止制御手段とを設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項6】前記請求項5に記載した車両は左右前後の4輪を独立に操舵可能な車両であり、前記操舵機構及び舵角検出手段をそれぞれ四つずつ設けた車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項7】車両における複数の車輪にそれぞれ対応して設けられて前記複数の車輪を独立して操舵可能な複数の操舵機構と、

操舵ハンドルの回動操作に応答して複数の操舵機構をそれぞれ制御することにより同複数の車輪を独立して操舵する操舵制御手段とを備えた車両の複数輪独立操舵装置において、前記複数の操舵機構の異常を検出する異常検出手段と、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちのいずれかの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構以外の操舵機構を制御して、前記操舵機構の異常による車両の偏向を修正する偏向修正手段とを設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項8】前記請求項7に記載した車両は左右前後の4輪を独立に操舵可能な車両であり、前記操舵機構を四つ設けた車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項9】前記請求項8に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記偏向修正手段は、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちの一つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構に対応した車輪の左右反対側の車輪に対応した操舵機構を制御して、同左右反対側の車輪を前記異常の検出された操舵機構に対応した車輪と左右反対方向に修正操舵するものである車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項10】前記請求項9に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記異常検出手段によって複数の操舵機構のうちの一つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構に対応した車輪と前後反対側の左右2輪を操舵ハンドルの回動操作に応じて操舵制御する2輪操舵制御手段を設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項11】前記請求項8に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記偏向修正手段は、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちの一つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構以外の操舵機構を制御して、同異常の検出された操舵機構以外の操舵機構に対応した各車輪を前記異常の検出された操舵機構に対応した車輪と同一方向に修正操舵するものである車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項12】前記請求項9又は11に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記偏向修正手段による車輪の修正操舵制御中には、前記異常の検出された操舵機構に対応した車輪に対するブレーキ操作に伴う制動力の配分に比べて、同車輪以外に対するブレーキ操作に伴う制動力の配分を大きくする第1制動力制御手段を設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項13】前記請求項8に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記偏向修正手段は、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちの左右2輪に対応した二つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構に対応した車輪と前後反対側の左右2輪に対応した各操舵機構を制御して、同前後反対側の左右2輪を前記異常の検出された二つの操舵機構に対応した左右2輪の操舵角の平均値に修正操舵するものである車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項14】前記請求項11又は13に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記異常検出手段によって複数の操舵機構のうちのいずれかの操舵機構の異常が検出されたとき、前記異常の検出された操舵機構に対応した車輪と前後反対側の左右2輪を操舵ハンドルの回動操作に応じて操舵制御する2輪操舵制御手段を設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項15】前記請求項14に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

操舵ハンドルを回転駆動するハンドルアクチュエータと、

前記ハンドルアクチュエータを駆動制御して操舵ハンドルの中立位置を前記異常の検出された操舵機構に対応した車輪の舵角方向に修正するハンドル中立位置補正手段

とを設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項16】前記請求項14又は15に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、操舵ハンドルの回動可能な角度を所定の範囲内に制限するハンドル操作制限手段を設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項17】前記請求項14又は15に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記2輪操舵制御手段による左右2輪の操舵量を所定の範囲内に制限する操舵量制限手段を設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項18】前記請求項10, 14~17のいずれか一つに記載した車両の複数輪独立操舵装置において、前記2輪操舵制御手段による車輪の操舵制御中には、ハンドルの回動操作に応じて操舵される左右2輪に対するブレーキ操作に伴う制動力の配分を、同左右2輪と前後反対側の左右2輪に対するブレーキ操作に伴う制動力の配分に比べて大きくする第2制動力制御手段を設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項19】前記請求項8に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記偏向修正手段は、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちの前後2輪に対応した二つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構に対応した各車輪と左右反対側の前後2輪に対応した各操舵機構を制御して、同左右反対側の前後2輪を前記異常の検出された二つの操舵機構に対応した前後2輪と左右反対方向に操舵するものである車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項20】前記請求項8に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記偏向修正手段は、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちの前後2輪に対応した二つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構に対応した各車輪と左右反対側の前後2輪に対応した各操舵機構を制御して、同左右反対側の前後2輪を前記異常の検出された二つの操舵機構に対応した前後2輪の各舵角の平均値にそれぞれ操舵するものである車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項21】前記請求項8に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記偏向修正手段は、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちの三つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された三つの操舵機構以外の操舵機構を制御して、同三つの操舵機構以外の操舵機構に対応した車輪を前記三つの操舵機構に対応した車輪による車両の偏向量を打ち消す方向に操舵するものである車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項22】前記請求項8に記載した車両の複数輪独

立操舵装置において、

前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちのいずれか三つ以上の操舵機構又は前後2輪に対応した二つの操舵機構の異常が検出されたとき、車両を停止制御する停止制御手段を備えたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項23】左右前後の4輪にそれぞれ対応して設けられて同4輪を独立して操舵可能な四つの操舵機構と、操舵ハンドルの回動操作に応答して前記四つの操舵機構をそれぞれ制御することにより前記4輪を独立して操舵する操舵制御手段とを備えた車両の複数輪独立操舵装置において、

前記四つの操舵機構の異常を検出する異常検出手段と、前記4輪に独立して制動力を付与することが可能な制動力付与手段と、

前記異常検出手段によって前記四つの操舵機構のうちのいずれかの異常が検出されたとき、前記制動力付与手段を制御して前記4輪に対する制動力の付与を調整することにより、前記操舵機構の異常による車両の偏向を修正する偏向修正手段とを設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項24】車両における複数の車輪にそれぞれ対応して設けられて前記複数の車輪を独立して操舵可能な複数の操舵機構を備えた車両の複数輪独立操舵装置において、

前記複数の操舵機構の異常をそれぞれ検出する異常検出手段と、

前記異常検出手段により異常の検出された操舵機構に対応した車輪のタイヤ摩擦力を減少させる摩擦力制御手段とを設けたことを特徴とする車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項25】前記請求項24に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記摩擦力制御手段を、前記異常検出手段により異常の検出された操舵機構に対応した車輪のタイヤ空気圧を他の車輪のタイヤ空気圧よりも高めるタイヤ空気圧制御手段で構成した車両の複数輪独立操舵装置。

【請求項26】前記請求項24に記載した車両の複数輪独立操舵装置において、

前記摩擦力制御手段を、前記異常検出手段により異常の検出された操舵機構に対応した車輪位置の車高に対して他の車輪位置の車高を高める車高制御手段で構成した車両の複数輪独立操舵装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば四輪独立操舵装置のような複数輪を独立して操舵可能な車両の複数輪独立操舵装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、例えば特開平8-16104

8号公報及び特開平6-47388号公報に示されているように、タイヤの横滑りを最小限に抑えてタイヤの摩耗を少なくしたり、車両の旋回性能を向上させたりするために、車両の4輪をそれぞれ独立に操舵可能とする四輪独立操舵装置は知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記した四輪独立操舵装置にあっては、各車輪を操舵するためのアクチュエータ、各車輪の舵角を検出するためのセンサなどに異常が発生した場合について何ら対処されておらず、車両の走行上において問題がある。

【0004】

【発明の概略】本発明は、上記問題に対処するためになされたもので、その目的は、アクチュエータ、センサなどに異常が発生した状態をも考慮した車両の複数輪独立操舵装置を提供することにある。

【0005】上記目的を達成するために、本発明の構成上の特徴は、複数の車輪にそれぞれ対応した複数の操舵機構及び舵角検出手段を備え、操舵ハンドルの回動操作に応答し検出舵角を用いて操舵機構を制御することにより同複数の車輪を独立して操舵する車両の複数輪独立操舵装置において、前記複数の舵角検出手段の異常を検出する異常検出手段と、前記異常検出手段により前記複数の舵角検出手段のうちのいずれかの舵角検出手段の異常が検出されたとき、同異常の検出された舵角検出手段に対応した車輪の舵角を、同異常の検出された舵角検出手段以外の舵角検出手段によって検出された舵角及び車両の運動状態に基づいて推定する舵角推定手段とを設け、前記推定した舵角を前記操舵制御手段による車輪の操舵制御に用いることにある。

【0006】この場合、例えば、前記車両は左右前後の4輪を独立に操舵可能な車両であるとともに、前記操舵機構及び舵角検出手段をそれぞれ四つずつ設けており、前記舵角推定手段は、前記四つの舵角検出手段のうちの一つの舵角検出手段の異常が検出されたとき同異常の検出された舵角検出手段に対応した車輪の舵角を推定するものである。

【0007】前記のように構成した本発明によれば、複数の舵角検出手段の一部に異常が発生しても、同異常の発生した舵角検出手段により検出されるべき舵角が推定され、この推定舵角を他の検出舵角と共に用いることにより、複数の車輪を独立して操舵可能となる。これにより、複数の舵角検出手段の一部に異常が発生しても、複数の車輪を独立して操舵可能な車両の複数輪独立操舵装置の機能を享受できるようになる。

【0008】また、本発明の他の構成上の特徴は、左右前後の4輪を独立して操舵可能な四つの操舵機構と、前記4輪の舵角をそれぞれ検出する四つの舵角検出手段と、操舵ハンドルの回動操作に応答し前記検出された各舵角を用いて四つの操舵機構をそれぞれ制御することに

より前記4輪を独立して操舵する操舵制御手段とを備えた車両の複数輪独立操舵装置において、前記四つの舵角検出手段の異常を検出する異常検出手段と、前記異常検出手段によって前記四つの舵角検出手段のうちのいずれか一つの舵角検出手段の異常が検出されたとき、同一つの舵角検出手段に対応した車輪及び同車輪の左右反対側の車輪を中立位置に復帰させる中立復帰制御手段とを設けたことにある。

【0009】前記のように構成した本発明の他の構成上の特徴によれば、異常が発生した舵角検出手段に対応した車輪及びその左右反対側の車輪が中立位置に復帰するので、同異常の発生した舵角検出手段に対応する車輪による車両偏向の影響を受けないとともに、同異常の発生した舵角検出手段によって検出される車輪舵角を用いながら、車両を走行させることができる。

【0010】この場合、例えば、前記異常検出手段によって前記四つの舵角検出手段のうちのいずれか一つの舵角検出手段の異常が検出されたとき、操舵ハンドルの回動操作に応答し、前記異常の検出された一つの舵角検出手段に対応した車輪と前後反対側の左右2輪を、同前後反対側の左右2輪に対応した舵角検出手段によって検出された舵角を用いて操舵制御する2輪操舵制御手段を設けることよい。

【0011】これによれば、異常の発生した舵角検出手段に対応した車輪と前後反対側の左右2輪が操舵ハンドルの回動操作に応じて操舵されるので、車両の進行方向を操舵ハンドルの回動操作により自由に指定でき、舵角検出手段の一つに異常が生じても2輪操舵車と同等な感覚で車両を走行させることができる。

【0012】また、本発明の他の構成上の特徴は、前記のような複数の操舵機構、複数の舵角検出手段及び操舵制御手段を備えた車両の複数輪独立操舵装置において、前記複数の舵角検出手段の異常を検出する異常検出手段と、前記異常検出手段により前記複数の舵角検出手段のうちのいずれか二つ以上の舵角検出手段の異常が検出されたとき、車両を停止制御する停止制御手段とを設けたことにある。

【0013】この場合も、例えば、前記車両は左右前後の4輪を独立に操舵可能な車両であり、前記操舵機構及び舵角検出手段をそれぞれ四つずつ設けたものである。

【0014】前記のように構成した本発明の他の構成上の特徴によれば、車両の進行方向を操舵ハンドルの回動操作により自由に指定できなくなるような状態では、停止制御手段により、車両は強制的に停止制御される。その結果、車両の進行方向を操舵ハンドルの回動操作に応じて制御できなくなった車両においても、最低限の安全性だけは確保されるようになる。

【0015】また、本発明の他の構成上の特徴は、複数の車輪を独立して操舵可能な複数の操舵機構と、操舵ハンドルの回動操作に応答し複数の操舵機構をそれぞれ制

御することにより同複数の車輪を独立して操舵する操舵制御手段とを備えた車両の複数輪独立操舵装置において、前記複数の操舵機構の異常を検出する異常検出手段と、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちのいずれかの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構以外の操舵機構を制御して、前記操舵機構の異常による車両の偏向を修正する偏向修正手段とを設けたことにある。

【0016】この場合も、例えば、前記車両は左右前後の4輪を独立に操舵可能な車両であり、前記操舵機構を四つ設けたものである。

【0017】前記のように構成した本発明の他の構成上の特徴においては、操舵機構の異常による車両の偏向が偏向修正手段により修正されるので、異常が発生した操舵機構に対応した車輪の意図しない操舵があつても、車両の進行方向が前記異常の発生した操舵機構によって左右に偏向されることがなくなる。これにより、車両の最低限の安全性が確保される。

【0018】また、前記偏向修正手段は、例えば、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちの一つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構に対応した車輪の左右反対側の車輪に対応した操舵機構を制御して、同左右反対側の車輪を前記異常の検出された操舵機構に対応した車輪と左右反対方向に修正操舵するもので構成される。

【0019】これによれば、異常の検出された操舵機構に対応した車輪による左右への車両の偏向が同車輪と左右反対側の車輪によって修正される。また、この場合、タイヤの摩擦力は大きくなるものの、車両の進行方向が車体の前後方向と一致するように修正されるので、運転者は車両の進行方向に対する違和感を感じなくてもすむ。

【0020】また、この場合、前記偏向修正手段による車輪の操舵制御中には、前記異常の検出された操舵機構に対応した車輪に対するブレーキ操作に伴う制動力の配分に比べて、同車輪以外に対するブレーキ操作に伴う制動力の配分を大きくする第1制動力制御手段を設けることよい。

【0021】これによれば、異常の発生した操舵機構に対応した車輪が意図しない方向に大きく操舵されていても、ブレーキ操作時における前記車輪による制動力が小さく抑えられて、ブレーキ操作に伴って車両の挙動が異常になることを防止できて、車両の走行安定性を良好にできる。

【0022】さらに、この場合、前記異常の検出された操舵機構に対応した車輪と前後反対側の左右2輪を操舵ハンドルの回動操作に応じて操舵制御する2輪操舵制御手段を設けることよい。

【0023】これによれば、異常の発生していない二つの操舵機構を用いて、左右前輪又は左右後輪を操舵ハ

ドルの回動に応じて操舵できるので、車両を運転者の意図する方向に2輪操舵車の感覚で誘導できるようになる。

【0024】また、この場合、前記2輪操舵制御手段による車輪の操舵制御中には、ハンドルの回動操作に応じて操舵される左右2輪に対するブレーキ操作に伴う制動力の配分を、同左右2輪と前後反対側の左右2輪に対するブレーキ操作に伴う制動力の配分に比べて大きくする第2制動力制御手段を設けるようにするとよい。

【0025】これによれば、異常の発生した操舵機構に対応した車輪が意図しない方向に大きく操舵されていても、ブレーキ操作時における前記車輪による制動力が小さく抑えられて、前記2輪操舵制御手段による左右2輪の操舵走行時に、ブレーキ操作に伴って車両の挙動が異常になることを防止できて、車両の走行安定性を良好にできる。

【0026】また、前記偏向修正手段は、例えば、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちの一つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構以外の操舵機構を制御して、同異常の検出された操舵機構以外の操舵機構に対応した各車輪を前記異常の検出された操舵機構に対応した車輪と同一方向に修正操舵するもので構成される。

【0027】これによれば、異常の検出された操舵機構に対応した車輪による左右への車両の偏向が同車輪以外の車輪によって修正される。また、車両の進行方向が車体の前後方向と不一致なるものの、タイヤの摩擦力を小さく抑えることができる。

【0028】この場合も、前記のような第1制動力制御手段を設ければ、前記と同様に、ブレーキ操作に伴って車両の挙動が異常になることを防止できて、車両の走行安定性を良好にできる。

【0029】また、この場合も、前記のような2輪操舵制御手段を設ければ、車両を運転者の意図する方向に2輪操舵車の感覚で誘導できるようになる。

【0030】また、この場合も、前記のような第2制動力制御手段を設ければ、車両の走行安定性を良好にできる。

【0031】さらに、この場合、操舵ハンドルを回転駆動するハンドルアクチュエータと、前記ハンドルアクチュエータを駆動制御して操舵ハンドルの中立位置を前記異常の検出された操舵機構に対応した車輪の舵角方向に修正するハンドル中立位置補正手段とを設けるとよい。これによれば、車両の直進時の方向に操舵ハンドルの中立位置が合わされるので、運転者の違和感を軽減できる。

【0032】この場合、操舵ハンドルの回動可能な角度を所定の範囲内に制限するハンドル操作制限手段を設けるようにしたり、前記2輪操舵制御手段による左右2輪の操舵量を所定の範囲内に制限する操舵量制限手段を設

けるようになるとよい。

【0033】これらによれば、操舵ハンドルの回動操作により操舵される左右2輪の中立舵角が大きく車体の前後方向からずれても、同左右2輪が操舵ハンドルの回動操作に応じて大きく操舵されることなくなる。したがって、左右2輪が車体の前後方向から極端に左右に操舵されることはなくなって、同極端な左右2輪の操舵によって車両の挙動が異常になることがなくなり、車両の走行安定性が確保される。

【0034】また、前記偏向修正手段は、例えば、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちの左右2輪に対応した二つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構に対応した車輪と前後反対側の左右2輪に対応した各操舵機構を制御して、同前後反対側の左右2輪を前記異常の検出された二つの操舵機構に対応した左右2輪の操舵角の平均値に修正操舵するもので構成される。

【0035】これによっても、異常の検出された操舵機構に対応した車輪による左右への車両の偏向が同車輪以外の車輪によって修正される。また、車両の進行方向が車体の前後方向と不一致なるものの、タイヤの摩擦力を小さく抑えることができる。

【0036】また、この場合も、前記のような2輪操舵制御手段を設ければ、車両を運転者の意図する方向に2輪操舵車の感覚で誘導できるようになる。

【0037】また、この場合も、前記のような第2制動力制御手段を設ければ、車両の走行安定性を良好にできる。

【0038】また、この場合も、前記ハンドルアクチュエータ及び前記ハンドル中立位置補正手段を設ければ、車両の直進時の方向に操舵ハンドルの中立位置が合わされるので、運転者の違和感を軽減できる。

【0039】また、この場合も、前記ハンドル操作制限手段又は操舵量制限手段を設ければ、極端な左右2輪の操舵によって車両の挙動が異常になることがなくなり、車両の走行安定性が確保される。

【0040】また、本発明の他の構成上の特徴は、前記偏向修正手段を、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちの前後2輪に対応した二つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構に対応した各車輪と左右反対側の前後2輪に対応した各操舵機構を制御して、同左右反対側の前後2輪を前記異常の検出された二つの操舵機構に対応した前後2輪と左右反対方向に操舵するもので構成したことにある。

【0041】これによれば、異常の発生した二つの操舵機構に対応した前後2輪による左右への車両の偏向が同前後2輪とそれぞれ左右反対側の車輪によって修正され、車両の左右への偏向が打ち消されて直進可能となるので、車両の最低限の走行安定性が確保される。

【0042】また、前記偏向修正手段は、前記異常検出

手段により前記複数の操舵機構のうちの前後2輪に対応した二つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された操舵機構に対応した各車輪と左右反対側の前後2輪に対応した各操舵機構を制御して、同左右反対側の前後2輪を前記異常の検出された二つの操舵機構に対応した前後2輪の各舵角の平均値にそれぞれ操舵するもので構成される。

【0043】これによても、車両の進行方向と車体の前後方向とのずれが生じるもの、車両の左右への偏向が打ち消されて車両が直進可能となるので、車両の最低限の走行安定性が確保される。

【0044】また、前記偏向修正手段は、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちの三つの操舵機構の異常が検出されたとき、同異常の検出された三つの操舵機構以外の操舵機構を制御して、同三つの操舵機構以外の操舵機構に対応した車輪を前記三つの操舵機構に対応した車輪による車両の偏向量を打ち消す方向に操舵するもので構成される。

【0045】これによても、車両の左右への偏向が打ち消されて直進可能となるので、車両の最低限の走行安定性が確保される。

【0046】また、本発明の他の構成上の特徴は、前記異常検出手段により前記複数の操舵機構のうちのいずれか三つ以上の操舵機構又は前後2輪に対応した二つの操舵機構の異常が検出されたとき、車両を停止制御する停止制御手段を備えたことにある。

【0047】これによれば、車両の進行方向を操舵ハンドルの回動操作によって制御することが難しい状況下においては、車両は強制的に停止されるので、車両の最低限の安全性が確保される。

【0048】また、本発明の他の構成上の特徴は、左右前後の4輪を独立して操舵可能な四つの操舵機構と、操舵ハンドルの回動操作に応答して前記四つの操舵機構をそれぞれ制御することにより前記4輪を独立して操舵する操舵制御手段とを備えた車両の複数輪独立操舵装置において、前記四つの操舵機構の異常を検出する異常検出手段と、前記4輪に独立して制動力を付与することができる制動力付与手段と、前記異常検出手段によって前記四つの操舵機構のうちのいずれかの異常が検出されたとき、前記制動力付与手段を制御して前記4輪に対する制動力の付与を調整することにより、前記操舵機構の異常による車両の偏向を修正する偏向修正手段とを設けたことにある。

【0049】これによれば、操舵機構の異常により車両が偏向するとともに、操舵ハンドルの回動操作によって車両の進行方向が制御できなくなってしまっても、偏向修正制御手段が各輪に対する制動力の付与を調整して、前記操舵機構の異常による車両の偏向を修正する。したがって、前記車両を少なくともほぼ直進させることが可能になり、車両の最低限の走行安全性が確保される。また、前

記制動力の付与により、車両は停止制御されるので、進行方向が運転者により制御されない車両が走行し続けることがなくなり、これによっても、車両の最低限の安全性だけは確保される。

【0050】また、本発明の他の構成上の特徴は、複数の車輪を独立して操舵可能な複数の操舵機構を備えた車両の複数輪独立操舵装置において、前記複数の操舵機構の異常をそれぞれ検出する異常検出手段と、前記異常検出手段により異常の検出された操舵機構に対応した車輪のタイヤ摩擦力を減少させる摩擦力制御手段とを設けたことにある。

【0051】この場合、前記摩擦力制御手段を、例えば、前記異常検出手段により異常の検出された操舵機構に対応した車輪のタイヤ空気圧を他の車輪のタイヤ空気圧よりも高めるタイヤ空気圧制御手段で構成できる。これによれば、異常の発生した操舵機構に対応した車輪のタイヤの接地面積を他の車輪のタイヤの接地面積に比べて小さくすることができ、前記異常の発生した操舵機構に対応した車輪のタイヤ摩擦力を他の車輪のタイヤ摩擦力に比べて減少させることができる。

【0052】また、前記摩擦力制御手段を、例えば、前記異常検出手段により異常の検出された操舵機構に対応した車輪位置の車高に対して他の車輪位置の車高を高める車高制御手段で構成できる。これによれば、異常の発生した操舵機構に対応した車輪位置の接地荷重が他の車輪の接地荷重よりも小さくなり、前記異常の発生した操舵機構に対応した車輪のタイヤ摩擦力を他の車輪のタイヤ摩擦力に比べて減少させることができる。

【0053】このように、異常の発生した操舵機構に対応した車輪のタイヤ摩擦力を他の車輪のタイヤ摩擦力に比べて減少させた結果、同異常の発生した操舵機構に対応した車輪が左右に操舵されていても、車両の進行方向に与える影響を小さくすることができ、車両の走行安定性の悪化を防止できる。

【0054】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態を図面に基づいて説明すると、図1は、同実施形態に係る四輪独立操舵車両の全体を概略的に示している。この車両は、左右前輪Wf1, Wf2及び左右後輪Wr1, Wr2をそれぞれ独立して操舵するための操舵機構10A, 10B, 10C, 10Dを備えている。

【0055】操舵機構10A, 10B, 10C, 10Dは、左右前輪Wf1, Wf2及び左右後輪Wr1, Wr2にそれぞれ組み付けられるとともに一体的に垂直軸回りに回動して、各輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2をそれぞれ操舵するナックル11a, 11b, 11c, 11dを備えている。各ナックル11a～11dは、各内側端にて車体に組み付けられた支持アーム12a, 12b, 12c, 12dの各外側端にて、ピン13a, 13b, 13c, 13dを介して垂直軸回りに回動可能にそれぞれ支持され

ている。左右前輪Wf1, Wf2のナックル11a, 11bは後方に延設され、各ナックル11a, 11bの各後端部には、ピン14a, 14bが垂直方向を軸線方向にしてそれぞれ立設固定されている。左右後輪Wr1, Wr2のナックル11c, 11dは前方に延設され、各ナックル11a, 11bの各前端部には、ピン14c, 14dが垂直方向を軸線方向にしてそれぞれ立設固定されている。

【0056】各ピン14a, 14b, 14c, 14dは、操舵アクチュエータ15a, 15b, 15c, 15dにより駆動アーム16a, 16b, 16c, 16dを介して車両幅方向に駆動されるようになっている。操舵アクチュエータ15a, 15b, 15c, 15dは、電動モータ及び同モータの回転を直線運動に変換してピン15a1, 15b1, 15c1, 15d1を車両幅方向に駆動する変換機構をハウジング15a2, 15b2, 15c2, 15d2内にそれぞれ収容している。ピン15a1, 15b1, 15c1, 15d1は、ハウジング15a2, 15b2, 15c2, 15d2に車幅方向に沿って設けたガイド孔15a3, 15b3, 15c3, 15d3から突出していて、同ガイド孔15a3, 15b3, 15c3, 15d3に沿って車幅方向に変位する。駆動アーム16a, 16b, 16c, 16dは、各内側端にてピン15a1, 15b1, 15c1, 15d1の軸線回りに回動可能に組み付けられているとともに、各外側端にてピン14a, 14b, 14c, 14dの軸線回りに回動可能に組み付けられていて、ピン15a1, 15b1, 15c1, 15d1の車幅方向の変位により、水平面内を揺動しながらピン14a, 14b, 14c, 14d及びナックル11a, 11b, 11c, 11dを介して各輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2をそれぞれ操舵する。

【0057】また、この車両は、各輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2に対して制動力をそれぞれ付与するためのハイールシリンダ21a, 21b, 21c, 21dに対して、ブレーキ油の給排をそれぞれ制御する制動力油圧制御装置22を備えている。制動力油圧制御装置22は、ブレーキペダル23の踏み込み操作に応じた前記ブレーキ油の給排を制御するとともに、電気的に制御されてブレーキペダル23の踏み込み操作に関係して又はブレーキペダル23の踏み込み操作とは無関係に前記ブレーキ油の給排を制御する。

【0058】さらに、この車両は、操舵アクチュエータ15a, 15b, 15c, 15d及び制動力油圧制御装置22を制御するための電気制御装置40を備えている。電気制御装置40は、ハンドル舵角センサ41、車輪舵角センサ42a, 42b, 42c, 42d、車速センサ43、ヨーレートセンサ44、横加速度センサ45、ブレーキスイッチ46及びマイクロコンピュータ47からなる。

【0059】ハンドル舵角センサ41は、上端にて操舵ハンドル31に接続された操舵軸32に組み付けられて、同ハンドル31の回転角 θ_h （以下、ハンドル舵角 θ_h という）を検出する。なお、操舵ハンドル31及び操舵軸32は、一体的に軸線回りに回転するもので、回転時には多少の摩擦力及び中立復帰力が作用する。車輪舵角センサ42a, 42b, 42c, 42dは、操舵アクチュエータ15a, 15b, 15c, 15dに組み込まれて、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の車輪舵角 θ_f 1, θ_f2 , θ_r1 , θ_r2 （以下、単に舵角 θ_f1 , θ_f2 , θ_r1 , θ_r2 という）を検出する。なお、これらのハンドル舵角 θ_h 及び舵角 θ_f1 , θ_f2 , θ_r1 , θ_r2 は、通常時に車両が直進する中立位置を「0」とし、左方向の舵角を正で表すとともに、右方向の舵角を負で表す。

【0060】車速センサ43は、車速Vを検出する。ヨーレートセンサ44は、車両に作用するヨーレート γ を検出する。横加速度センサ45は、車両の横加速度Gxを検出する。ブレーキスイッチ46は、ブレーキペダル23の踏み込み操作を検出する。マイクロコンピュータ47は、CPU, ROM, RAM, タイマ及びその他の周辺回路からなり、図4～7のフローチャートに対応したプログラムを実行して操舵アクチュエータ15a, 15b, 15c, 15d及び制動力油圧制御装置22を制御する。

【0061】上記のように構成した実施形態の動作をフローチャートに沿って説明する。イグニッションスイッチ（図示しない）の投入後、マイクロコンピュータ47は、操舵制御プログラムを所定の短時間毎に繰り返し実行する。この操舵制御プログラムの実行は、図4のステップ100にて開始され、ステップ102にて、各センサ41, 42a～42d, 43～45による検出値を入力し、ステップ104にて操舵アクチュエータ15a～15d及び車輪舵角センサ42a～42dの異常を判定する。なお、本明細書においては、ハンドル舵角センサ41、車速センサ43、ヨーレートセンサ44及び横加速度センサ45の異常時の説明は省略し、これらの各センサ41, 43～45は正常に作動しているものとして説明する。

【0062】前記ステップ104における車輪舵角センサ42a～42dの異常判定においては、所定の範囲内の信号値が各車輪舵角センサ42a～42dから入力されているかを判定することにより、各車輪舵角センサ42a～42dの異常をそれぞれ判定する。例えば、各車輪舵角センサ42a～42d及びその配線のいずれかの箇所が断線、ショートなどしていれば、各車輪舵角センサ42a～42dからの信号値は電源電圧を示したり、アース電位を示したりして、所定の範囲外になり、それぞれ異常と判定される。また、各車輪舵角センサ42a～42dからの信号値が所定の範囲内にあれば、それぞれ正常と判定される。

【0063】一方、操舵アクチュエータ15a～15dの異常判定においては、車輪舵角センサ42a～42dが正常であることを条件に、車輪舵角センサ42a, 42b, 42c, 42dによって検出された各舵角 θ_{f1} , θ_{f2} , θ_{r1} , θ_{r2} と後述する各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の目標舵角 θ_{f1*} , θ_{f2*} , θ_{r1*} , θ_{r2*} との各差の絶対値 $|\theta_{f1} - \theta_{f1*}|$, $|\theta_{f2} - \theta_{f2*}|$, $|\theta_{r1} - \theta_{r1*}|$, $|\theta_{r2} - \theta_{r2*}|$ が所定値以上に所定時間以上保たれるとき、それぞれ異常と判定される。また、それ以外のときには、各操舵アクチュエータ15a～15dはそれぞれ正常と判定される。

【0064】前記ステップ104の処理後、前記異常の判定処理結果に基づいて、ステップ106にて操舵アクチュエータ15a～15dのいずれかに異常が発生しているか否かを判定するとともに、ステップ108にて車輪舵角センサ42a～42dのいずれかに異常が発生しているか否かを判定する。操舵アクチュエータ15a～15d及び車輪舵角センサ42a～42dのいずれにも異常が発生していなければ、ステップ106, 108にて共に「NO」と判定して、プログラムをステップ110に進める。

【0065】ステップ110においては、ハンドル舵角 θ_h 、車速Vなどの車両の運動状態、走行状態などに応じて、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の目標舵角 θ_{f1*} , θ_{f2*} , θ_{r1*} , θ_{r2*} を計算する。この目標舵角 θ_{f1*} , θ_{f2*} , θ_{r1*} , θ_{r2*} の計算方法の一例を、車両旋回時のタイヤの横滑りを最小限に抑えた場合を例にして説明する。マイクロコンピュータ47は、図2(A)(B)に示すように、ハンドル舵角 θ_h の絶対値 $|\theta_h|$ 及び車速Vに応じて変化する旋回内側の前後輪の目標舵角 θ_{fi*} , θ_{ri*} (いずれも正の値)をテーブルとして予め記憶しており、前記入力したハンドル舵角 θ_h 及び車速Vに対応した前輪目標舵角 θ_{fi*} 及び後輪目標舵角 θ_{ri*} をテーブルを参照して計算する。

【0066】まず、操舵ハンドル31が左方向に回動されてハンドル舵角 θ_h が正である場合について説明する。この場合、前記計算した前輪目標舵角 θ_{fi*} をそのまま旋回内側の前輪に相当する左前輪Wf1の目標舵角 θ_{f1*} として設定するとともに、前記計算した後輪目標舵角 θ_{ri*} を負に変換した値 $-\theta_{ri*}$ を旋回内側の後輪に相当する左後輪Wr1の目標舵角 θ_{r1*} として設定する。

【0067】次に、図3に示すように、車両の旋回中心Oから左前輪Wf1及び左後輪Wr1の各中心までの距離 ρ_{f1} , ρ_{r1} を計算する。この場合、左前輪Wf1及び左後輪Wr1の各水平直径方向と、車両の旋回中心Oから左前輪Wf1及び左後輪Wr1の各中心とを結ぶ線は直角をなすように設定されている。したがって、下記数1, 2の方程式が成立し、同方程式を解くことにより前記距離 ρ_{f1} , ρ_{r1} を計算できる。なお、下記数2中のしは、ホイールベースに相当する予め決められた値である。

【0068】

【数1】 $\rho_{f1} \cdot \cos |\theta_{f1*}| = \rho_{r1} \cdot \cos |\theta_{r1*}|$

【0069】

【数2】 $\rho_{f1} \cdot \sin |\theta_{f1*}| + \rho_{r1} \cdot \sin |\theta_{r1*}| = L$

【0070】次に、旋回外側の前後輪である右前輪Wf2及び右後輪Wr2の目標舵角 θ_{f2*} , θ_{r2*} を計算する。この場合、左右前輪Wf1, Wf2の操舵方向は共にほぼ同じ方向であるとともに、左右後輪Wr1, Wr2の操舵方向も共にほぼ同じ方向であるので、左右前輪Wf1, Wf2の目標舵角 θ_{f1*} , θ_{f2*} の正負の符号は同一になるとともに、左右後輪Wr1, Wr2の目標舵角 θ_{r1*} , θ_{r2*} の正負の符号も同一になる。また、右前輪Wf2及び右後輪Wr2の各水平直径方向と、車両の旋回中心Oから右前輪Wf2及び右後輪Wr2の各中心までの距離を ρ_{f2} , ρ_{r2} とするとともに、前記計算した距離 ρ_{f1} , ρ_{r1} を用いれば、下記数3～6の方程式が成立し、同方程式を解くことにより右前輪Wf2及び右後輪Wr2の各目標舵角 θ_{f2*} , θ_{r2*} を計算できる。

【0071】

【数3】 $\rho_{f2} \cdot \sin |\theta_{f2*}| = \rho_{r2} \cdot \sin |\theta_{r2*}|$

【0072】

【数4】 $\rho_{r2} \cdot \sin |\theta_{r2*}| = \rho_{f2} \cdot \sin |\theta_{f2*}|$

【0073】

【数5】 $\rho_{f2} \cdot \cos |\theta_{f2*}| = \rho_{r2} \cdot \cos |\theta_{r2*}|$

【0074】

【数6】 $\rho_{f2} \cdot \sin |\theta_{f2*}| + \rho_{r2} \cdot \sin |\theta_{r2*}| = L$

【0075】これにより、操舵ハンドル31が左方向に回動されて、車両が左旋回する場合における各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の目標舵角 θ_{f1*} , θ_{f2*} , θ_{r1*} , θ_{r2*} が計算される。

【0076】次に、操舵ハンドル31が右方向に回動されて、車両が右旋回する場合における各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の目標舵角 θ_{f1*} , θ_{f2*} , θ_{r1*} , θ_{r2*} を計算する方法について説明する。まず、前記入力したハンドル舵角 θ_h の絶対値 $|\theta_h|$ 及び車速Vに対応した前輪目標舵角 θ_{fi*} 及び後輪目標舵角 θ_{ri*} を前記テーブルを参照して計算する。次に、前記計算した前輪目標舵角 θ_{fi*} を負に変換した値 $-\theta_{fi*}$ を旋回内側の前輪に相当する右前輪Wf2の目標舵角 θ_{f2*} として設定するとともに、前記計算した後輪目標舵角 θ_{ri*} をそのまま旋回内側の後輪に相当する右後輪Wr2の目標舵角 θ_{r2*} として設定する。

【0077】そして、前記数1～6の方程式と同様な方程式により、旋回外側の前後輪に相当する左前輪Wf1及び左後輪Wr1の各目標舵角 θ_{f1*} , θ_{r1*} を計算する。ただし、この場合、前記数1～6の方程式においては、目標舵角 θ_{f1*} , θ_{f2*} の関係と目標舵角 θ_{r1*} , θ_{r2*} の関係をそれぞれ逆にするとともに、各目標舵角 θ_{f1*} , θ_{r1*}

1*はそれぞれ負及び正の値として計算される。

【0078】なお、本実施形態においては、ハンドル舵角 θ_h 及び車速Vに応じてテーブルを用いて旋回内側の前後輪の目標舵角 θ_{fi}^* , θ_{ri}^* を計算した後に、旋回中心Oを想定して旋回外側の前後輪の目標舵角を計算するようにした。しかし、これに代えて、ハンドル舵角 θ_h 及び車速Vに応じて変化する左右前輪Wf1, Wf2の目標舵角 θ_{f1}^* , θ_{f2}^* をテーブルに記憶しておく、ハンドル舵角 θ_h 及び車速Vに応じて前記目標舵角 θ_{f1}^* , θ_{f2}^* を計算した後、旋回中心Oを想定して左右後輪Wr1, Wr2の目標舵角 θ_{r1}^* , θ_{r2}^* を計算するようにしてもよい。また、ハンドル舵角 θ_h 及び車速Vに応じて変化するいずれか一輪の目標舵角と同一輪から旋回中心Oまでの距離をテーブルに記憶しておく、ハンドル舵角 θ_h 及び車速Vに応じて前記目標舵角及び距離を計算した後、これらを用いて他の車輪の目標舵角をそれぞれ計算するようにしてもよい。

【0079】さらに、前記のような各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の目標舵角 θ_{f1}^* , θ_{f2}^* , θ_{r1}^* , θ_{r2}^* を検出ヨーレート、横加速度、その他の車両の運動状態量に応じて修正した値を、目標舵角 θ_{f1}^* , θ_{f2}^* , θ_{r1}^* , θ_{r2}^* として決定するようにしてもよい。

【0080】前記ステップ110における目標舵角 θ_{f1}^* , θ_{f2}^* , θ_{r1}^* , θ_{r2}^* の計算後、ステップ112にて操舵アクチュエータ15a, 15b, 15c, 15dをそれぞれ駆動制御して、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の各実舵角 θ_{f1} , θ_{f2} , θ_{r1} , θ_{r2} を目標舵角 θ_{f1}^* , θ_{f2}^* , θ_{r1}^* , θ_{r2}^* にそれぞれ設定する。すなわち、ステップ112においては、車輪舵角センサ42a, 42b, 42c, 42dによって検出された舵角 θ_{f1} , θ_{f2} , θ_{r1} , θ_{r2} を入力しながら、前記計算した目標舵角 θ_{f1}^* , θ_{f2}^* , θ_{r1}^* , θ_{r2}^* と前記入力した舵角 θ_{f1} , θ_{f2} , θ_{r1} , θ_{r2} との各偏差 $\theta_{f1}^* - \theta_{f1}$, $\theta_{f2}^* - \theta_{f2}$, $\theta_{r1}^* - \theta_{r1}$, $\theta_{r2}^* - \theta_{r2}$ に応じて操舵アクチュエータ15a, 15b, 15c, 15dをフィードバック制御することにより、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2を目標舵角 θ_{f1}^* , θ_{f2}^* , θ_{r1}^* , θ_{r2}^* にそれぞれ設定する。

【0081】前記ステップ112の処理後、一旦この操舵制御プログラムの実行を終了する。このようにして、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2が目標舵角 θ_{f1}^* , θ_{f2}^* , θ_{r1}^* , θ_{r2}^* にそれぞれ独立して操舵される結果、例えばタイヤの横滑りを最小限に抑えるなど、車両の走行性能を良好にできる。

【0082】次に、車輪舵角センサ42a～42dのいずれかに異常が発生した場合について説明する。この場合、前記ステップ104の判定結果に基づいて、ステップ108にて「YES」と判定されて、プログラムはステップ116以降に進められる。ステップ116においては、運転席近傍に設けられているランプ（図示しない）などを点灯することにより、車輪舵角センサ42a～42dのいずれかに異常が発生したことが運転者に知らされる。なお、この場合、前記ランプを各車輪舵角センサ42a～42dにそれぞれ対応して設けておき、異常の発生した車輪舵角センサ42a～42dを特定できるようにしておくとよい。

【0083】前記ステップ116の処理後、ステップ118にて、前記ステップ104の判定結果に基づいて車輪舵角センサ42a～42dのうちの一つのみに異常が発生しているのか、同車輪舵角センサ42a～42dのうちの二つ以上に異常が発生しているのかを判定する。一つのみに異常が発生している場合には、ステップ118にて「YES」と判定してプログラムをステップ120に進める。一方、二つ以上に異常が発生している場合には、ステップ118にて「NO」と判定してプログラムをステップ122に進める。

【0084】ステップ120においては、車輪舵角センサ42a～42dのうちで異常の発生していない車輪舵角センサによって検出された舵角及び車両の運動状態を用いて、異常の発生している車輪舵角センサに対応した一つの車輪の舵角を推定する。この舵角の推定方法を説明する前に、車両旋回時の運動方程式について説明する。下記数7, 8に示すように、左右前輪Wf1, Wf2の各舵角 θ_{f1} , θ_{f2} の平均値を前輪舵角 θ_f とするとともに、左右後輪Wr1, Wr2の各舵角 θ_{r1} , θ_{r2} の平均値を後輪舵角 θ_r とすると、下記数9の式が成立する。

【0085】

【数7】

$$\theta_f = \frac{(\theta_{f1} + \theta_{f2})}{2}$$

【0086】

【数8】

$$\theta_r = \frac{(\theta_{r1} + \theta_{r2})}{2}$$

【0087】

【数9】

19

20

$$\begin{bmatrix} R(S) \\ S^2 Y(S) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Grf \cdot \frac{1+Tr \cdot S}{1+\frac{2 \cdot \zeta}{\omega_n} \cdot S + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot S^2} & -Grr \cdot \frac{1+Tr' \cdot S}{1+\frac{2 \cdot \zeta}{\omega_n} \cdot S + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot S^2} \\ Gyf \cdot \frac{1+T1 \cdot S+T2 \cdot S^2}{1+\frac{2 \cdot \zeta}{\omega_n} \cdot S + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot S^2} & Gyr \cdot \frac{-1+T1' \cdot S+T2' \cdot S^2}{1+\frac{2 \cdot \zeta}{\omega_n} \cdot S + \frac{1}{\omega_n^2} \cdot S^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta f(s) \\ \Delta r(s) \end{bmatrix}$$

$$T1' = \frac{a}{V}$$

【0088】ただし、R(S), Y(S), Δf(S), Δr(S)は、検出されたヨーレートγ、横加速度Gy、前輪舵角θf及び後輪舵角θrの時間変化を表す値γ(t), Gy(t), θf(t), θr(t)をラプラス変換したものである。また、前記数9の各係数及びスタビリティファクタKは下記数10～22により計算されるものである。ただし、スタビリティファクタKは予め与えられた定数であってもよい。

【0089】

【数10】

$$Grf = \frac{V}{L \cdot (1+K \cdot V)}$$

【0090】

【数11】

$$Gyf = \frac{V^2}{L \cdot (1+K \cdot V)}$$

【0091】

【数12】

$$Grr = \frac{V}{L \cdot (1+K \cdot V)}$$

【0092】

【数13】

$$Gyr = \frac{V^2}{L \cdot (1+K \cdot V)}$$

【0093】

【数14】

$$Tr = \frac{m \cdot a \cdot V}{Cr \cdot L}$$

【0094】

【数15】

$$Tr' = \frac{m \cdot b \cdot V}{Cr \cdot L}$$

【0095】

【数16】

$$T1 = \frac{b}{V}$$

【0096】

【数17】

$$T2 = \frac{Iz}{Cr \cdot L}$$

【0097】

【数18】

【0098】

【数19】

$$T2' = \frac{Iz}{Cr \cdot L}$$

【0099】

【数20】

$$\frac{2 \cdot \zeta}{\omega_n} = \frac{(Cf \cdot a^2 + Cr \cdot b^2) \cdot m + (Cf + Cr) \cdot Iz}{Cr \cdot Cr \cdot L^2} \cdot \frac{V}{1+K \cdot V^2}$$

【0100】

【数21】

$$\frac{1}{\omega_n^2} = \frac{Iz \cdot m}{Cr \cdot Cr \cdot L} \cdot \frac{V}{1+K \cdot V^2}$$

【0101】

【数22】

$$K = \frac{(Cr \cdot b - Cf \cdot a)}{Cr \cdot Cr \cdot L^2} \cdot m$$

【0102】ただし、前記数10～22においては、Cfは左右前輪Wf1, Wf2の各タイヤのコーナリングパワーの和、Crは左右後輪Wr1, Wr2の各タイヤのコーナリングパワーの和、aは車両の重心から左右前輪Wf1, Wf2の車軸までの距離、bは車両の重心から左右後輪Wr1, Wr2の車軸までの距離、Lはホイールベース、ζは車体の横運動の減衰係数、ωnは車体の横運動の固有振動数、mは車体の質量、Izは車体のヨー慣性モーメントであり、予め与えられた定数である。

【0103】そして、ステップ120の車輪舵角推定ルーチンにおいては、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の舵角θf1, θf2, θr1, θr2のうちで異常な車輪舵角センサによって検出された舵角を除く正常な3車輪分の舵角と、検出された車速Vと、検出されたヨーレートγ又は横加速度Gyとを用いて、前記数7～9の方程式を解くことにより、前記異常な舵角センサによって検出されるべき車輪の舵角が推定される。

【0104】なお、本実施形態においては、前記数7～9の方程式を解くことにより異常な車輪舵角センサによって検出されるべき車輪舵角を推定するようにしたが、オブザーバを用いて同舵角を推定するようにしてもよい。この場合、車両の旋回運動モデルを想定し、検出されたハンドル舵角θh、舵角θf1, θf2, θr1, θr2のうちで正常な3車輪分の舵角、車速V、ヨーレートγ、

横加速度Gyなどを用いて異常な車輪舵角センサによって検出されるべき舵角を推定すればよい。

【0105】そして、ステップ112においては、この推定した舵角を正常な車輪舵角センサによって検出された3車輪の舵角を加えて、操舵アクチュエータ15a～15dを前記と同様に駆動制御する。したがって、この場合も、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の舵角 θf_1 , θf_2 , θr_1 , θr_2 は、前記ステップ110により決定された目標舵角 θf_1^* , θf_2^* , θr_1^* , θr_2^* に設定される。

【0106】一方、ステップ118にて「NO」すなわち車輪舵角センサ42a～42dのうちでいずれか二つ以上の車輪舵角センサに異常が発生された場合について説明する。この場合、ステップ122にて、運転席近傍に設けた警報ランプなどを点灯させて、運転者に車両を強制的に停止させることを知らせる。前記ステップ122の処理後、マイクロコンピュータ47は、ステップ124にて、制動力油圧制御装置22を制御して、ブレーキペダル23の踏み込み操作とは無関係に、各ホイールシリンドラ21a～21dにブレーキ油を徐々に供給して各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2に制動力を徐々に付与する。これにより、車両は強制的に徐々に停止制御されるので、車両の走行安全性が確保される。

【0107】なお、前記ステップ124の強制的な制動制御においては、検出されたヨーレート γ 又は横加速度Gyを用いて、各ホイールシリンドラ21a～21dに対するブレーキ油圧を調整することにより、車両がほぼ直進走行できるようにするといい。前記ステップ124の処理後、ステップ126にてこの操舵制御プログラムの実行を終了する。この場合、操舵制御プログラムは再度実行されることなく、また車両が一度停止した後には停止し続ける。

【0108】次に、操舵アクチュエータ15a～15dのいずれかに異常が発生した場合について説明する。この場合、ステップ106にて「YES」と判定されて、ステップ128にて、運転席近傍に設けた警報ランプなどを点灯させて、操舵アクチュエータ15a～15dのいずれかに異常が発生したことを運転者に知らせる。

【0109】次に、ステップ130にて、前述したステップ108の場合と同様にして、車輪舵角センサ42a～42dのいずれかに異常が発生しているか否かを判定する。車輪舵角センサ42a～42dのいずれにも異常が発生していないければ、ステップ130にて「NO」と判定して、プログラムを後述するステップ132のアクチュエータ異常処理ルーチンに進める。また、車輪舵角センサ42a～42dのいずれかに異常が発生していれば、ステップ130にて「YES」と判定し、プログラムをステップ134に進める。ステップ134においては、前記ステップ116の処理と同様に、運転席近傍に設けられているランプ(図示しない)などを点灯することにより、車輪舵角センサ42a～42dのいずれかに

異常が発生したことを運転者に知らせる。

【0110】次に、ステップ136にて、前記ステップ118の処理と同様に、車輪舵角センサ42a～42dのうちの一つのみに異常が発生しているのか、同車輪舵角センサ42a～42dのうちの二つ以上に異常が発生しているのかを判定する。一つのみに異常が発生している場合には、ステップ136にて「YES」と判定し、ステップ138にて、4車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2のうちで異常が発生している車輪舵角センサ42a～42dに対応した一つの車輪の舵角を推定して、前記ステップ132のアクチュエータ異常処理ルーチンを実行する。

【0111】一方、二つ以上の車輪舵角センサ42a～42dに異常が発生している場合には、ステップ136にて「NO」と判定し、前述したステップ122, 124の処理により、運転者に車両を強制停止させることを知らせるとともに、車両を強制的に停止させて、ステップ126にてこの操舵制御プログラムの実行を終了する。

【0112】次に、前記ステップ132のアクチュエータ異常処理ルーチンについて説明する。このアクチュエータ異常処理ルーチンの実行は図5のステップ200にて開始され、ステップ202にて、前記ステップ104の判定結果に基づいて操舵アクチュエータ15a～15dのうちの一つのみに異常が発生しているのか、同操舵アクチュエータ15a～15dのうちの二つ以上に異常が発生しているのかを判定する。一つのみに異常が発生している場合には、ステップ202にて「YES」と判定してプログラムをステップ204に進める。一方、二つ以上に異常が発生している場合には、ステップ202にて「NO」と判定してプログラムをステップ214に進める。

【0113】ステップ204においては、操舵アクチュエータ15a～15dの異常が新たなものであるか、すなわち操舵アクチュエータ15a～15dが前回の操舵制御プログラムの実行時まで正常であって今回初めて異常になったか否かを判定する。操舵アクチュエータ15a～15dの異常が新たなものである場合には、ステップ204における「YES」との判定のもとに、ステップ206にて、異常の発生した操舵アクチュエータに対応した車輪(以下、失陥輪といふ)と左右反対側の車輪の目標舵角を、失陥輪の実舵角(失陥輪に対応した車輪舵角センサによって検出された舵角)の逆相値に設定する。逆相値とは、一方の舵角に対して、絶対値が等しく正負の符号を逆にした値、すなわち一方の車輪に対して他方の車輪を左右反対方向に対称に操舵する値をいう。

【0114】例えれば、失陥輪が左前輪Wf1(又は右前輪Wf2)であり、その舵角が θf_1 (又は θf_2)であれば、右前輪Wf2(又は左前輪Wf1)の目標舵角 θf_2^* (又は θf_1^*)を $-\theta f_1$ (又は $-\theta f_2$)に設定する。また、失

陥輪が左後輪Wr1（又は右後輪Wr2）であり、その舵角が θ_{r1} （又は θ_{r2} ）であれば、右後輪Wr2（又は左後輪Wr1）の目標舵角 θ_{r2*} （又は θ_{r1*} ）を $-\theta_{r1}$ （又は $-\theta_{r2}$ ）に設定する。一方、操舵アクチュエータ15a～15dの異常が新たなものでない場合には、ステップ204における「NO」との判定のもとに、ステップ206の処理を実行しないで、プログラムをステップ208に進める。

【0115】ステップ208においては、失陥輪と前後反対側の左右2輪の目標舵角をハンドル舵角 θ_h 、車速Vなどの車両の走行状態に応じてそれぞれ計算する。例えば、失陥輪が左前輪Wf1又は右前輪Wf2であれば、左後輪Wr1及び右後輪Wr2の各目標舵角 θ_{r1*} 、 θ_{r2*} がそれぞれ計算される。また、失陥輪が左後輪Wr1又は右後輪Wr2であれば、左前輪Wf1及び右前輪Wf2の各目標舵角 θ_{f1*} 、 θ_{f2*} がそれぞれ計算される。

【0116】この目標舵角の計算方法の一具体例を説明すると、マイクロコンピュータ47は、図2(C)(D)に示すように、ハンドル舵角 θ_h の絶対値 $|\theta_h|$ 及び車速Vに応じて変化する旋回内側の前後輪の目標舵角 θ_{fi*} 、 θ_{ri*} （いずれも正の値）をテーブルとして予め記憶しており、前記入力したハンドル舵角 θ_h 及び車速Vに対応した前輪目標舵角 θ_{fi*} 又は後輪目標舵角 θ_{ri*} をテーブルを参照して計算する。

【0117】まず、失陥輪が左後輪Wr1又は右後輪Wr2であれば、図2(C)のテーブルが参照されて、旋回内側の左前輪Wf1又は右前輪Wf2の目標舵角 θ_{f1*} 又は θ_{f2*} が計算される。操舵ハンドル31が左方向に回動されている場合には、テーブルから読み出した前輪目標舵角 θ_{fi*} を左前輪Wf1の目標舵角 θ_{f1*} としてそのまま設定するとともに、前記前輪目標舵角 θ_{fi*} から予め定めた正の微小値 $\Delta\theta_f$ を減算した値 $\theta_{fi*}-\Delta\theta_f$ を右前輪Wf2の目標舵角 θ_{f2*} として設定する。また、操舵ハンドル31が右方向に回動されている場合には、テーブルから読み出した前輪目標舵角 θ_{fi*} を負に変換した値 $-\theta_{fi*}$ を右前輪Wf2の目標舵角 θ_{f2*} として設定するとともに、前記前輪目標舵角 θ_{fi*} を負に変換した値 $-\theta_{fi*}$ に予め定めた正の微小値 $\Delta\theta_f$ を加算した値 $-\theta_{fi*}+\Delta\theta_f$ を左前輪Wf1の目標舵角 θ_{f1*} として設定する。

【0118】また、失陥輪が左前輪Wf1又は右前輪Wf2であれば、図2(D)のテーブルが参照されて、旋回内側の左後輪Wr1又は右後輪Wr2の目標舵角 θ_{r1*} 又は θ_{r2*} が計算される。操舵ハンドル31が左方向に回動されている場合には、テーブルから読み出した後輪目標舵角 θ_{ri*} を負に変換した値 $-\theta_{ri*}$ を左後輪Wr1の目標舵角 θ_{r1*} として設定するとともに、前記負に変換した値 $-\theta_{ri*}$ に予め定めた正の微小値 $\Delta\theta_r$ を加算した値 $-\theta_{ri*}+\Delta\theta_r$ を右後輪Wr2の目標舵角 θ_{r2*} として設定する。また、操舵ハンドル31が右方向に回動されている場合には、テーブルから読み出した後輪目標舵角 θ_{ri*}

を右後輪Wr2の目標舵角 θ_{r2*} としてそのまま設定するとともに、前記後輪目標舵角 θ_{ri*} から予め定めた正の微小値 $\Delta\theta_r$ を減算した値 $\theta_{ri*}-\Delta\theta_r$ を左後輪Wr1の目標舵角 θ_{r1*} として設定する。

【0119】次に、ステップ210にて、前記ステップ112の処理と同様にして、操舵アクチュエータ15a、15b、15c、15dのうちで失陥輪に対応した操舵アクチュエータを除く三つの操舵アクチュエータをそれぞれ駆動制御し、各車輪Wf1、Wf2、Wr1、Wr2のうちの失陥輪を除く3車輪の各実舵角を前記設定した各目標舵角にそれぞれ設定する。そして、ステップ212にてこのアクチュエータ異常処理ルーチンの実行を一旦終了して、プログラムを図4のステップ114に進め、同ステップ114にて操舵制御プログラムの実行を一旦終了する。

【0120】これによれば、失陥輪と左右反対側の車輪の舵角が失陥輪の舵角の逆相位に設定すなわち同左右反対側の車輪が失陥輪に対して左右方向反対側に対称に操舵されるので、失陥輪の舵角による車両偏向への影響が同左右反対側の車輪の修正操舵により打ち消される。そして、失陥輪と前後反対側の左右輪（左右前輪Wf1、Wf2又は左右後輪Wr1、Wr2）が操舵ハンドル31の回動操作に応じて操舵されるので、操舵ハンドル31を回動操作しながら、車両を自由に所望の方向に誘導して走行させることができる。

【0121】一方、ステップ214においては、前記ステップ104の判定結果に基づいて操舵アクチュエータ15a～15dのうちの二つの操舵アクチュエータに異常が発生しているのか、三つ以上の操舵アクチュエータに異常が発生しているのかを判定する。二つの操舵アクチュエータに異常が発生している場合には、ステップ214にて「YES」と判定して、ステップ216にて異常が発生している操舵アクチュエータは前後輪に関するものである否かを判定する。すなわち、左右前輪Wf1、Wf2のいずれか一方に対応する操舵アクチュエータにも、左右後輪Wr1、Wr2のいずれか一方に対応する操舵アクチュエータにも異常が発生しているか否かを判定する。

【0122】いま、操舵アクチュエータ15a～15dの異常が前後輪に関するものでなければ、ステップ216にて「NO」と判定して、ステップ218にて前記二つの操舵アクチュエータの異常が新たなものであるか否か、すなわち前回の操舵制御プログラムの実行時まで二つの操舵アクチュエータに同時に異常が発生していないか否かを判定する。前記二つの操舵アクチュエータの異常が新たなものであれば、ステップ218における「YES」との判定のもとに、ステップ220にて、失陥2輪と前後反対側の左右2輪の中立舵角（初期において「0」に設定されている）を失陥2輪の各実舵角の平均値に変更する。

【0123】例えば、失陥2輪が左右前輪Wf1, Wf2であり、それらの舵角が $\theta f1$, $\theta f2$ であれば、左右後輪Wr1, Wr2の中立舵角 $\theta r10$, $\theta r20$ を $(\theta f1 + \theta f2) / 2$ にそれぞれ変更する。また、失陥2輪が左右後輪Wr1, Wr2であり、それらの舵角が $\theta r1$, $\theta r2$ であれば、左右前輪Wf1, Wf2の中立舵角 $\theta f10$, $\theta f20$ を $(\theta r1 + \theta r2) / 2$ にそれぞれ変更する。一方、二つの操舵アクチュエータの異常が新たなものでなければ、前記ステップ218における「NO」との判定のもとに、ステップ220の処理を実行しないで、プログラムをステップ222に進める。

【0124】ステップ222においては、失陥2輪と前後反対側の左右2輪の中立舵角に対する目標舵角をハンドル舵角 θh 、車速Vなどの車両の走行状態に応じてそれぞれ計算する。例えば、失陥2輪が左右前輪Wf1, Wf2であれば、左右後輪Wr1, Wr2の各目標舵角 $\theta r1^*$, $\theta r2^*$ がそれぞれ計算される。また、失陥2輪が左右後輪Wr1, Wr2であれば、左右前輪Wf1, Wf2の各目標舵角 $\theta f1^*$, $\theta f2^*$ がそれぞれ計算される。これらの目標舵角 $\theta f1^*$, $\theta f2^*$, $\theta r1^*$, $\theta r2^*$ の計算方法は、前述したステップ208の処理と同じである。

【0125】前記ステップ222の処理後、ステップ224にて、前記計算した目標舵角 $\theta f1^*$, $\theta f2^*$ を中立舵角 $\theta f10$, $\theta f20$ 分だけ補正するか、又は目標舵角 $\theta r1^*$, $\theta r2^*$ を中立舵角 $\theta r10$, $\theta r20$ 分だけ補正する。すなわち、失陥2輪が左右後輪Wr1, Wr2であれば、前記計算した目標舵角 $\theta f1^*$, $\theta f2^*$ に前記変更した中立舵角 $\theta f10$, $\theta f20$ をそれぞれ加算して、左右前輪Wf1, Wf2の新たな目標舵角 $\theta f1^*$, $\theta f2^*$ として設定する。また、失陥2輪が左右前輪Wf1, Wf2であれば、前記計算した目標舵角 $\theta r1^*$, $\theta r2^*$ に中立舵角 $\theta r10$, $\theta r20$ をそれぞれ加算して、左右後輪Wr1, Wr2の新たな目標舵角 $\theta r1^*$, $\theta r2^*$ として設定する。

【0126】次に、ステップ226にて、前記ステップ112の処理と同様にして、操舵アクチュエータ15a, 15b, 15c, 15dのうちで失陥2輪に対応した操舵アクチュエータを除く左右前輪Wf1, Wf2の操舵アクチュエータ15a, 15b又は左右後輪Wr1, Wr2の操舵アクチュエータ15c, 15dをそれぞれ駆動制御し、左右前輪Wf1, Wf2を前記新たな目標舵角 $\theta f1^*$, $\theta f2^*$ に操舵し、又は左右後輪Wr1, Wr2を前記新たな目標舵角 $\theta r1^*$, $\theta r2^*$ に操舵する。そして、この場合も、ステップ212にてこのアクチュエータ異常処理ルーチンの実行を一旦終了して、プログラムを図4のステップ114に進め、同ステップ114にて操舵制御プログラムの実行を一旦終了する。

【0127】これによれば、失陥2輪と前後反対側の左右2輪の中立舵角の変更により、失陥2輪の舵角による影響が打ち消される。すなわち、操舵ハンドル31が中立位置にあれば、失陥2輪と前後反対側の左右2輪は失

陥2輪の舵角の平均値に修正操舵されるので、車両は同平均値の方向に直進する。ただし、この場合には、車体の前後方向と車両の進行方向との間にはずれが生じる。

【0128】また、失陥2輪と前後反対側の左右2輪（左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2）の目標舵角が操舵ハンドル31の回動操作に応じて決定されるとともに、同決定された目標舵角は前記中立舵角分だけ補正されるので、失陥していない左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2が操舵ハンドル31の回動操作に応じて操舵される。したがって、操舵ハンドル31を回動操作しながら、車両を自由に所望の方向に誘導して走行させることができる。

【0129】一方、操舵アクチュエータ15a～15dの異常が前後輪に関するものであれば、すなわち左右前輪Wf1, Wf2に対応した操舵アクチュエータ15a, 15bのいずれか一方及び左右後輪Wr1, Wr2に対応した操舵アクチュエータ15c, 15dのいずれか一方に異常が発生していれば、ステップ216にて「YES」と判定して、プログラムをステップ228に進める。

【0130】ステップ228においては、左右前輪Wf1, Wf2に対応した操舵アクチュエータ15a, 15bのうちの失陥していない側に対応した車輪を失陥輪の実舵角と逆位相に修正操舵するとともに、左右後輪Wr1, Wr2に対応した操舵アクチュエータ15c, 15dのうちの失陥していない側に対応した車輪を失陥輪の実舵角と逆位相に修正操舵する。

【0131】具体的には、左前輪Wf1（又は右前輪Wf2）に対応した操舵アクチュエータ15a（又は操舵アクチュエータ15b）が失陥していれば、右前輪Wf2（又は左前輪Wf1）の目標舵角 $\theta f2^*$ （又は目標舵角 $\theta f1^*$ ）を、検出された左前輪Wf1（又は右前輪Wf2）の実舵角 $\theta f1$ （又は実舵角 $\theta f2$ ）の逆相値 $-\theta f1$ （又は $-\theta f2$ ）に設定する。また、左後輪Wr1（又は右後輪Wr2）に対応した操舵アクチュエータ15c（又は操舵アクチュエータ15d）が失陥していれば、右後輪Wr2（又は左後輪Wr1）の目標舵角 $\theta r2^*$ （又は目標舵角 $\theta r1^*$ ）を、検出された左後輪Wr1（又は右後輪Wr2）の実舵角 $\theta r1$, $\theta r2$ の逆相値 $-\theta r1$ （又は $-\theta r2$ ）に設定する。そして、前記ステップ112の処理と同様に、操舵アクチュエータ15b（又は操舵アクチュエータ15a）を駆動制御して、右前輪Wf2（又は左前輪Wf1）を目標舵角 $\theta f2^*$ （又は目標舵角 $\theta f1^*$ ）に修正操舵するとともに、操舵アクチュエータ15d（又は操舵アクチュエータ15c）を駆動制御して、右後輪Wr2（又は左後輪Wr1）を目標舵角 $\theta r2^*$ （又は目標舵角 $\theta r1^*$ ）に修正操舵する。

【0132】前記ステップ228の処理後、上記ステップ122, 124の処理と同様なステップ230, 232の処理により、運転者に車両を強制的に停止させることを知らせるとともに、車両を強制停止させて、ステッ

プロセスにてこのアクチュエータ異常処理ルーチンの実行を終了する。このアクチュエータ異常処理ルーチンの実行は、操舵制御プログラムの実行の終了をも意味し、その後に操舵制御プログラムが再開されることもない。

【0133】この場合、前記ステップ228の操舵制御により、失陥が生じた操舵アクチュエータに対応した前後の車輪による操舵の影響が、それらの各左右反対側の車輪の修正操舵により打ち消されるので、車両がほぼ直進走行して左右に移動することが防止され、車両の最低限の安全性が確保される。そして、強制的に車両は停止されるので、操舵不能となった車両を走行させ続けることがなくなる。

【0134】なお、前記ステップ228の処理に代えて、失陥していない操舵アクチュエータに対応した前後2輪を、失陥した操舵アクチュエータに対応した前後2輪の操舵角の平均値に操舵するようにしてもよい。この場合も、失陥していない操舵アクチュエータに対応した前後2輪の目標舵角を失陥した操舵アクチュエータに対応した前後2輪の操舵角の平均値にそれぞれ設定するとともに、失陥していない操舵アクチュエータを駆動制御して同操舵アクチュエータに対応した前後2輪を前記平均値に操舵する。これによっても、失陥が生じた操舵アクチュエータに対応した前後の車輪による操舵の影響が、失陥していない前後の車輪の修正操舵により打ち消されて、車両をほぼ直進走行させることができる。ただし、この場合には、車両の進行方向と車体の前後方向との間にはずれが生じる。

【0135】さらに、操舵アクチュエータ15a～15dのうちの三つ以上の操舵アクチュエータに異常が発生した場合について説明する。この場合、図5のステップ214にて「NO」と判定して、プログラムを図6のステップ236に進める。ステップ236においては、三つの操舵アクチュエータに異常が発生しているか、四つの操舵アクチュエータに異常が発生しているかを判定する。三つの操舵アクチュエータに異常が発生している場合には、ステップ236にて「YES」と判定して、プログラムをステップ238に進める。

【0136】ステップ238においては、失陥した三つの操舵アクチュエータに対応した3車輪分の実舵角（前記ステップ138の処理によって計算した推定舵角も含む）に基づいて、同3車輪による車両の偏向量を計算する。次に、ステップ240にて、失陥していない操舵アクチュエータに対応した車輪の目標舵角であって、前記計算した偏向量を打ち消すための目標舵角を計算する。前記ステップ240の処理後、ステップ242にて、前記偏向量を打ち消すことが可能か否か、すなわち前記偏向量を打ち消すことが可能な目標舵角が存在するか否かを判定する。これは、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の操舵量には限界があり、失陥した三つの操舵アクチュエータに対応した3車輪の舵角が大きいために、一つの車

輪では前記3車輪による車両の偏向を打ち消すことができないことがあるためである。

【0137】前記偏向量を打ち消すことが可能な目標舵角が存在するならば、ステップ242にて「YES」と判定して、ステップ244にて、前記ステップ112の処理と同様に、失陥していない操舵アクチュエータを駆動制御して、同操舵アクチュエータに対応した車輪を前記計算した目標舵角に操舵する。これにより、車両は、左右に偏向することなく、直進することが可能となる。

【0138】そして、前記ステップ244の処理後、前述した図5のステップ230, 232の処理により、運転者に車両を強制的に停止させることを知らせるとともに、車両を強制的に停止させて、ステップ234にてこのアクチュエータ異常処理ルーチンの実行を終了する。これにより、操舵不能となった車両を直進させながら、徐々に停止させることができる。

【0139】また、四つの操舵アクチュエータに異常が発生している場合には、ステップ236にて「NO」と判定して、プログラムをステップ246に進める。ステップ246においては、失陥した四つの操舵アクチュエータに対応した4車輪分（全車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2）の各実舵角に基づいて、車両の偏向量を計算する。次に、ステップ248にて、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の各目標制動力であって、車輪を停止させるとともに前記計算した偏向量を打ち消すための各目標制動力を計算する。例えば、車両が左方向に偏向していれば、右前輪Wf2及び右後輪Wr2の各目標制動力を左前輪Wf1及び左後輪Wr1の各目標制動力よりも大きく設定するとともに、各目標制動力の和が車両を徐々に停止させるような値に設定する。また、車両が右方向に偏向していれば、左前輪Wf1及び左後輪Wr1の各目標制動力を右前輪Wf2及び右後輪Wr2の各目標制動力よりも大きく設定するとともに、各目標制動力の和が車両を徐々に停止させるような値に設定する。

【0140】前記ステップ248の処理後、ステップ250にて、前記ステップ122, 230と同様な処理により、運転者に車両を強制的に停止させることを知らせる。そして、ステップ252にて、前記計算した各目標制動力に応じて制動力油圧制御装置を制御し、ブレーキペダル23の踏み込み操作とは無関係に、ホイールシリンドラ21a～21dに各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2に前記各目標制動力がそれぞれ付与されるように、ブレーキ油の給排を制御する。その結果、車両は左右に偏向することなく直進して徐々に停止するので、車両の最低限の安全性が確保される。

【0141】また、前記ステップ242にて「NO」すなわち前記ステップ240の処理によって三つの失陥輪による車両の偏向量を打ち消すための同失陥輪を除く一つの車輪の目標舵角が存在しないと判定された場合にも、ステップ248～252の処理が実行される。ただ

し、この場合には、前記ステップ248にて、前記ステップ238の処理によって計算された車両の偏向量を打ち消すための各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の目標制動力が計算される。

【0142】また、上記操舵制御プログラムの所定時間毎の実行による操舵アクチュエータ15a～15dの制御中は、マイクロコンピュータ47は、同操舵制御プログラムと並行して制動制御プログラムを所定の短時間毎に実行する。この制動制御プログラムは、図7のステップ300にて開始され、ステップ302にてブレーキスイッチ46からの検出信号に基づいてブレーキペダル23が踏み込み操作されているか否かを判定する。

【0143】ブレーキペダル23が踏み込み操作されていなければ、ステップ302にて「NO」と判定して、ステップ316にてこの制動制御プログラムの実行を一旦終了する。一方、ブレーキペダル23が踏み込み操作されていれば、ステップ302にて「YES」と判定し、ステップ304にて操舵アクチュエータ15a～15dのうちの一つの操舵アクチュエータのみに異常が発生している状態かを判定するとともに、ステップ306にて左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2に対応した二つの操舵アクチュエータに異常が発生している状態かを判定する。いずれの状態でもなければ、ステップ304, 306における共に「NO」と判定して、ステップ316にて制動制御プログラムの実行を一旦終了する。

【0144】操舵アクチュエータ15a～15dのうちの一つの操舵アクチュエータのみに異常が発生している場合、ステップ304にて「YES」と判定し、ステップ308にて2輪操舵に移行中であるか否かを判定する。前述のように、操舵アクチュエータ15a～15dのうちのいずれか一つの操舵アクチュエータに異常が発生した場合には、図5のステップ206, 210の処理により失陥輪と左右反対側の車輪を失陥輪の実舵角の逆相位に操舵制御して失陥輪による操舵の影響を打ち消した後、ステップ208, 210の処理により失陥輪と前後反対側の左右2輪（左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2）を操舵ハンドル31の回動操作に応じて操舵する。

【0145】したがって、前記ステップ206, 210の処理による失陥輪の操舵の影響を打ち消すための失陥輪と左右反対側の車輪の操舵制御中であれば、前記ステップ308にて「YES」すなわち2輪操舵に移行中であると判定して、プログラムをステップ310に進める。ステップ310においては、制動力油圧制御装置22を制御して失陥輪の制動力配分を下げるとともに、前記失陥輪の制動力配分を下げた分だけ残りの3輪に対する制動力配分を上げる。すなわち、通常時には、制動力油圧制御装置22は、ブレーキペダル23の踏み込み操作量に応じてホイールシリングダ21a～21dに対しても

ブレーキ油を給排して各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2に所定の制動力を付与する。しかし、この場合には、制動力油圧制御装置22が、ホイールシリングダ21a～21dのうちで失陥輪に対応したホイールシリングダに対するブレーキ油圧を前記通常時よりも所定量だけ下げ、前記下げたブレーキ油圧分を残りの3車輪に分配して、同残りの3車輪に対応したホイールシリングダに対するブレーキ油圧を上げる。

【0146】これにより、失陥輪による車両制動機能が減少し、残りの3車輪による車両制動機能が増加する。したがって、操舵アクチュエータの異常により失陥輪の舵角がいかなる状態であろうとも、全車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2による車両の制動力を低下させることなく、失陥輪の制動力によって車両の挙動が不安定になることを防止できる。

【0147】また、前記のような2輪操舵への移行が終了して、前記ステップ208, 210の処理により失陥輪と前後反対側の左右2輪（左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2）が操舵ハンドル31の回動操作に応じて操舵される状態に移行した後には、ステップ308にて「NO」と判定してプログラムをステップ312に進める。ステップ312においては、制動力油圧制御装置22を制御して失陥輪とその左右反対側の車輪の制動力配分を下げるとともに、前記制動力配分を下げた分だけ失陥輪と前後反対の残りの2輪に対する制動力配分を上げる。すなわち、この場合には、制動力油圧制御装置22が、ホイールシリングダ21a～21dのうちで失陥輪及びその左右反対側の車輪に対応したホイールシリングダに対するブレーキ油圧を前記通常時よりも所定量だけそれぞれ下げ、前記下げたブレーキ油圧分を残りの2車輪に分配して、同残りの2車輪に対応したホイールシリングダに対するブレーキ油圧を上げる。

【0148】これにより、失陥輪及びその左右反対側の車輪による車両制動機能が減少し、失陥輪と前後反対側の残りの2車輪による車両制動機能が増加する。したがって、この場合も、操舵アクチュエータの異常により失陥輪の舵角がいかなる状態であろうとも、全車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2による車両の制動力を低下させることなく、失陥輪の制動力によって車両の挙動が不安定になることを防止できる。

【0149】また、操舵アクチュエータ15a～15dのうちの二つの操舵アクチュエータに異常が発生している場合、ステップ304にて「NO」と判定して、ステップ306にて左右2輪（左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2）に対応した二つの操舵アクチュエータに異常が発生しているか否かを判定、すなわち失陥2輪が左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2であるかを判定する。いま、失陥2輪が左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2でないとき、すなわち失陥2輪が前後輪にわたるとき、ステップ306にて「NO」と判定

し、ステップ316にてこの制動制御プログラムの実行を終了する。これは、この場合には、前述した図5のステップ232の処理により、車両が強制的に徐々に停止制御されるからである。

【0150】一方、失陥2輪が左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2である場合には、ステップ306にて「YES」と判定して、プログラムをステップ314に進める。ステップ314においては、失陥2輪の舵角に応じて4輪の制動力配分を失陥2輪の舵角に応じて最適に制御する。この失陥輪が左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2である状態は、図5のステップ218～226により、失陥2輪と前後反対側の左右2輪の中立舵角を変更して同失陥2輪の舵角による影響を打ち消すとともに、失陥2輪と前後反対側の左右2輪（左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2）の舵角を操舵ハンドル31の回動操作に応じて制御している状態である。

【0151】そして、この状態では、失陥2輪の舵角の絶対値が大きい場合には、同失陥2輪の制動力を大きくすると、車両の挙動が異常になる可能性が生じる。したがって、基本的には、失陥していない車輪の制動力を失陥輪の制動力に比べて大きく制御する。例えば、失陥2輪の各舵角の平均値又は各舵角の絶対値の和が大きくなるにしたがって、失陥2輪の制動力配分を小さくするとともに、失陥していない左右2輪の制動力配分を大きくする。また、失陥2輪の各舵角の平均値又は各舵角の絶対値の和が極めて大きい場合には、失陥2輪の制動力を「0」にして失陥していない左右2輪にのみ制動力を付与するようにしてもよい。具体的には、制動力油圧制御装置22を制御して、失陥2輪の各ホイールシリンダに供給されるブレーキ油圧を前記決定した制動力配分に応じて低くし、失陥していない各ホイールシリンダに供給されるブレーキ油圧を前記決定した制動力配分に応じて高くする。

【0152】これにより、失陥2輪による車両制動機能が減少し、残りの左右2輪による車両制動機能が増加する。したがって、操舵アクチュエータの異常により失陥2輪の舵角がいかなる状態にあろうとも、全車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2による車両の制動力を低下させることなく、失陥輪の制動力によって車両の挙動が不安定になることを防止できる。

【0153】a. 第1変形例

上記実施形態においては、車輪舵角センサ42a～42dのうちの一つの車輪舵角センサのみに異常が発生した場合、同異常が発生した舵角センサによって検出されるべき舵角を推定して、同推定舵角と残りの検出した三つの舵角に応じて各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2を操舵制御するようにした。しかし、これに代えて、異常が発生した舵角センサに対応した車輪及びその左右反対側の車輪を基準舵角（舵角「0」）に設定するとともに、これ

らの左右2輪の前後反対側の左右2輪を操舵ハンドル31の回動操作に応じて操舵するようにしてもよい。

【0154】この場合、上記図4のステップ118にて「YES」と判定された後、図8に示すようなステップ140, 120, 142～146の処理を実行して、ステップ114にて操舵制御プログラムの実行を一旦終了するようにすればよい。すなわち、車輪舵角センサ42a～42dのうちの一つの車輪舵角センサのみに異常が発生したとき、ステップ140にて前記異常の発生した車輪舵角センサに対応した車輪及びその左右反対側の車輪の基準舵角（舵角「0」）への復帰操舵が終了したか否かを判定する。そして、復帰操舵が終了していないければ、ステップ140にて「NO」と判定して、上述したステップ120の車輪舵角推定ルーチンの実行により、異常の発生した車輪舵角センサに対応した車輪の舵角を推定する。

【0155】前記ステップ120の処理後、ステップ142にて、前記異常の発生した車輪舵角センサに対応した車輪及びその左右反対側の車輪の目標舵角を基準舵角（例えば、「0」）に設定する。次に、ステップ144にて、前記異常の発生した車輪舵角センサに対応した車輪の前後反対側の左右2輪の目標舵角を、ハンドル舵角 θ_h 及び車速Vに応じて計算する。例えば、左右後輪Wr1, Wr2に対応した車輪舵角センサ42c, 42dのいずれか一方に異常が発生した場合には、上記図5のステップ222の処理と同様に、図2(C)に示す特性のテーブルを参照して左右前輪Wf1, Wf2の目標舵角 θ_{f1*} , θ_{f2*} をハンドル舵角 θ_h 及び車速Vに応じて決定する。また、左右前輪Wf1, Wf2に対応した車輪舵角センサ42a, 42bのいずれか一方に異常が発生した場合には、上記図5のステップ222の処理と同様に、図2(D)に示す特性のテーブルを参照して左右後輪Wr1, Wr2の目標舵角 θ_{r1*} , θ_{r2*} をハンドル舵角 θ_h 及び車速Vに応じて決定する。

【0156】前記ステップ144の処理後、ステップ146にて、上記図4のステップ112の処理と同様に、操舵アクチュエータ15a～15dを制御して各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2を前記設定した目標舵角に操舵する。この場合、異常の発生した車輪舵角センサに対応した車輪の操舵にあっては、前記ステップ120の処理により推定された車輪舵角が利用される。そして、異常の発生した車輪舵角センサに対応した車輪及びその左右反対側の車輪の実舵角が基準舵角（舵角「0」）に設定されると、その後のステップ140においては「NO」と判定されてプログラムはステップ144に進められるので、ステップ120の車輪舵角推定ルーチンは実行されなくなる。また、この状態では、ステップ146においても、異常の発生した車輪舵角センサに対応した車輪と前後反対側の左右輪（左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2）のみが操舵制御される。

【0157】その結果、この第1変形例によれば、異常の発生した車輪舵角センサに対応した車輪及びその左右反対側の車輪の実舵角が基準舵角に保たれたまま、左右前輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2が操舵ハンドル31の回動操作により操舵されるようになる。

【0158】b. 第2変形例

次に、上記実施形態の第2変形例について説明する。この第2変形例においては、図1に破線で示すように、操舵軸32の下端に、操舵ハンドル31及び同操舵軸32を軸線回りに回転駆動するための電動モータなどにより構成されたハンドルアクチュエータ51が組み付けられている。この場合、操舵軸32には、弾性体（例えば、トーションバー）が介装されており、同弾性体により、操舵ハンドル31の回動操作時に前記弾性体の上下で若干の回転角のずれが生じるようになっている。また、操舵軸32には、操舵ハンドル31に付与される操舵トルクを検出するための操舵トルクセンサ52も組み付けられている。操舵トルクセンサ52は、例えば前記弾性体の両端の若干の回転角のずれを検出することにより、前記操舵トルクを検出する。

【0159】これらのハンドルアクチュエータ51及び操舵トルクセンサ52もマイクロコンピュータ47に接続されており、同コンピュータ47は操舵トルクセンサ52の出力に応じてハンドルアクチュエータ51を駆動制御するようになっている。

【0160】一方、この第2変形例においては、図4の操舵制御プログラムのステップ102～104の処理が図9のように変形されるとともに、図5のアクチュエータ異常処理ルーチンのステップ204～210の処理が図10のように変形されている。他の部分に関しては、上記実施形態と同じである。

【0161】上記実施形態と異なる部分の動作についてのみ説明すると、操舵ハンドル31が回動操作されると、操舵軸32の下端はハンドルアクチュエータ51に組み付けられているので、操舵軸32に介装された弾性体に捩れが生じ、操舵トルクセンサ32は操舵ハンドル31に付与されている操舵トルク（操舵反力）を表す検出信号を出力する。

【0162】マイクロコンピュータ47は、ステップ102aにて、上記実施形態の場合と同様に各センサ41, 42a～42d, 43, 44, 45による検出値を入力するのに加えて、操舵トルクセンサ52から操舵トルクを入力する。そして、ステップ103にて、前記入力した操舵トルクに応じてハンドルアクチュエータ51を駆動制御して、操舵軸32を操舵ハンドル31の回動方向に回動して前記操舵トルクが「0」になるようとする。したがって、操舵軸32は、操舵ハンドル31の回動に応じて回動制御されて、操舵ハンドル31とほぼ一體的に回動する。これにより、操舵ハンドル31の回転角が、上記実施形態と同様にハンドル舵角センサ41に

よって検出され、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2は、後述する場合を除いて上記実施形態と同様に、操舵ハンドル31の回動操作にしたがって操舵される。

【0163】一方、この第2変形例においては、操舵アクチュエータ15a～15dのうちの一つのみに異常が発生した場合の処理が上記実施形態とは異なる。すなわち、前記変更されたアクチュエータ異常処理ルーチンにおいては、ステップ204にて「YES」すなわち操舵アクチュエータ15a～15dのうちの一つの操舵アクチュエータの異常が新たなものであると判定されたとき、ステップ310にて失陥輪の左右反対側の車輪に対応した操舵アクチュエータを駆動制御して、同車輪を失陥輪の実舵角まで操舵する。

【0164】次に、ステップ312にて、失陥輪と前後反対側の左右車輪の中立舵角（初期において「0」に設定されている）を失陥輪の実舵角に変更する。そして、ステップ314にて、前記失陥輪と前後反対側の左右2輪に対応した操舵アクチュエータを駆動制御して、同左右2輪を前記中立舵角まで操舵する。その結果、この場合には、操舵ハンドル31が回動操作されない状態で車両は直進するが、その進行方向は車体の前後方向とは一致しなくなる。

【0165】前記ステップ314の処理後、ステップ316にて、車両の進行方向が車体の前後方向に対して偏向される方向に対応した操舵ハンドル31の回転角（以下、ハンドル回転角という）を計算する。そして、ステップ318にて、ハンドルアクチュエータ51を駆動制御して、運転者による操舵ハンドル31の回動操作とは無関係に、操舵ハンドル31及び操舵軸32を前記計算した回転角だけ回動させる。その結果、操舵ハンドル31は、車体の前後方向に対する車両の進行方向のずれ分だけ回動されることになる。したがって、車両の進行方向が操舵ハンドル31の回転位置に対応するので、操舵ハンドル31の回転位置に対する車両の進行方向とのずれによる運転者の違和感を軽減できる。なお、前記操舵アクチュエータの異常が新たなものでなくなれば、ステップ204の「NO」との判定処理により、前記ステップ310～318の処理は実行されない。

【0166】また、前記ステップ204又はステップ318の処理後、ステップ320, 322の処理により、上述した図5のステップ222, 224の処理と同様に、失陥輪と前後反対側の左右2輪の中立舵角に対する目標舵角をハンドル舵角θh、車速Vなどの車両の走行状態に応じてそれぞれ計算し、前記計算した目標舵角を前記変更した中立舵角だけ補正する。そして、ステップ324にて、失陥輪と前後反対側の左右2輪に対応した操舵アクチュエータを駆動制御して、同左右2輪を前記目標舵角にそれぞれ操舵制御する。

【0167】これによても、失陥輪の車両の操舵に与える影響を打ち消した状態で、失陥輪を含まない左右前

輪Wf1, Wf2又は左右後輪Wr1, Wr2が操舵ハンドル31の回動操作に応じて操舵されて、車両は操舵ハンドル31の回動操作による方向に進行できるようになる。

【0168】また、この第2変形例においても、上記実施形態の図7の制動制御プログラムが実行される。これにより、失陥輪以外の3輪を操舵して失陥輪が車両の操舵に与える影響を打ち消している最中には、ブレーキペダル23の踏み込み操作に伴う制動力の付与に関し、失陥輪に対する制動力の配分を失陥輪以外の3輪に対する制動力の配分よりも小さくして、車両の挙動異常を回避する。また、失陥輪を含まない左右2輪が操舵ハンドル31の回動操作に応じて操舵されている状態では、同操舵されている左右2輪に対する前記制動力の配分を、失陥輪を含む左右2輪に対する前記制動力の配分よりも大きくして車両の走行安定性を向上させる。

【0169】なお、この第2変形例においては、操舵アクチュエータ15a～15dの一つのみに異常が発生した場合についてのみ操舵ハンドル31をハンドルアクチュエータ51により回動するようにした。しかし、これを、左右2輪に対応した二つの操舵アクチュエータに異常が発生した場合、すなわち左右前輪Wf1, Wf2に対応した二つの操舵アクチュエータ15a, 15b又は左右後輪Wr1, Wr2に対応した二つの操舵アクチュエータ15c, 15dに異常が発生した場合にも適用できる。

【0170】すなわち、左右2輪に対応した二つの操舵アクチュエータに異常が発生した場合には、図5のアクチュエータ異常ルーチンのステップ220～226の処理により、失陥2輪と前後反対側の左右2輪の中立舵角が失陥2輪の実舵角の平均値に変更されて、同左右2輪はこの変更された中立舵角を中心に操舵ハンドル31の回動操作に応じて左右に操舵される。したがって、この場合にも、前記のように操舵軸32の下端に設けたハンドルアクチュエータ51を駆動制御して、操舵ハンドル31を前記左右2輪の中立舵角に対応したハンドル舵角まで回動するようにすればよい。これにより、この場合も、操舵ハンドル31の回転位置に対する車両の進行方向とのずれによる運転者の違和感を軽減できる。

【0171】c. 第3変形例

次に、上記実施形態の第3変形例について説明する。この第3変形例は、左右2輪に対応した二つの操舵アクチュエータに異常が発生した場合に、異常の発生していない二つの操舵アクチュエータに対応した左右2輪すなわち失陥輪以外の左右2輪の操舵範囲を制限するものである。

【0172】この第3変形例においては、図1に破線で示すように、操舵軸32にリミッタ機構53が組み付けられているとともに、各操舵アクチュエータ15a～15d内にもリミッタ機構15a4～15d4がそれぞれ組み込まれている。リミッタ機構53は、マイクロコンピュータ47に制御されるもので、非作動状態では操舵

軸32の中立位置からの大きな回転を許容し、作動状態では操舵軸32の中立位置の回転角を所定の範囲内に制限する。リミッタ機構15a4～15d4も、マイクロコンピュータ47により制御されるもので、非作動状態では各ピン15a1～15d1の各中立位置からの大きな変位をそれぞれ許容し、作動状態では各ピン15a1～15d1の各中立位置からの変位量を所定の範囲内に制限する。

【0173】また、この第3変形例においては、図5のアクチュエータ異常ルーチンに代えて、図9に示すようにステップ220, 222間にステップ330, 332の処理を挿入したアクチュエータ異常ルーチンが実行される。

【0174】したがって、この第3変形例においては、左右2輪が失陥輪でない場合には、上記実施形態と同様に動作する。しかし、左右2輪が失陥輪である場合には、ステップ220の処理後、ステップ330, 332の処理が実行される。ステップ330においては、リミッタ機構53が作動制御されて、操舵ハンドル31及び操舵軸32の中立位置から回転角が所定の小さな範囲に制限される。ステップ332においては、リミッタ機構15a4～15d4のうちで失陥輪でない左右2輪（正常2輪）に対応した二つのリミッタ機構が作動制御されて、ピン15a1～15d1のうちの前記二つのリミッタ機構の中立位置からの変位が所定の小さな範囲に制限される。すなわち、正常2輪の操舵角が、中立舵角から所定の小さな範囲内に制限される。なお、この中立位置とは、ステップ220の処理による変更前の中立舵角に対応するものである。

【0175】この場合、上述したステップ220～226の処理により、失陥輪でない左右2輪の中立舵角が変更された後、同左右2輪は変更された中立舵角に対して左右に操舵される。したがって、前記中立舵角の変更量が大きな場合、上記実施形態の制御では前記左右2輪が元の（変更前の）中立舵角から極めて大きく操舵されてしまう可能性があり、車両の挙動が異常になる可能性も発生する。これに対して、この第3変形例の制御によれば、失陥輪でない左右2輪の操舵範囲が所定範囲に制限されるので、車両の挙動が異常になることはなく、車両の走行安定性が良好になる。

【0176】なお、この第3変形例によれば、安全性を確保するために、リミッタ機構53, 15a4～15d4を設けて、操舵ハンドル31の回転量及び各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の操舵量の両方を制限するようにしたが、一方を制限するだけでも各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の操舵量は制限される。したがって、構成を簡単にするために、リミッタ機構53及びリミッタ機構15a4～15d4のいずれか一方のみを設けるようにしてもよい。

【0177】また、前記リミッタ機構53, 15a4～

15d4による各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の操舵量の制限に代え又は加えて、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の操舵量を電気的に制限するようにしてもよい。すなわち、ステップ224の処理によって補正された目標操舵角の絶対値が小さければ、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の操舵量が大きくなることはない。したがって、この場合には、ステップ222の処理によって計算される目標操舵角の絶対値又はステップ224の処理によって計算される目標操舵角の絶対値を、所定の範囲内に制限するような処理を設ければよい。

【0178】また、この第3変形例においても、前記第2変形例のように操舵ハンドル31及び操舵軸32をハンドルアクチュエータ51により回転駆動するようにするとい。この場合にも、失陥2輪と前後反対側の左右2輪の中立舵角を失陥2輪の実舵角の平均値に設定する際に、操舵ハンドル31及び操舵軸32を前記中立舵角に対応したハンドル回転角だけ回転しておく。これにより、運転者は、車両の進行方向と操舵ハンドル31の回転位置のずれに対する違和感を感じなくともすむようになる。

【0179】さらに、前記のように失陥輪でない左右2輪の中立舵角を補正した後に同左右2輪を操舵ハンドル31の回動操作に応じて操舵することは、前記第2変形例の場合と同じである。したがって、前記第2変形例の場合にも、前記のように、操舵ハンドル31の回転量及び各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の操舵量の両方又は一方を、機械的又は電気的に所定の範囲内に制限するようになれば、前記のような車両の走行安定性が確保される。具体的には、図10のステップ320の処理の前に、前記ステップ330, 332の処理を実行して、前記リミッタ機構53, 15a4~15d4を作動させるようになればよい。

【0180】d. 第4変形例

次に、上記実施形態の第4変形例について説明する。この第4変形例は、図1に破線で示すように、本発明に係る4輪独立操舵装置を、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2のタイヤ空気圧を調整可能な車両に適用したものである。この車両は、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2のタイヤ空気圧を独立にそれぞれ調整可能な空気圧調整装置61a~61dを備えており、各空気圧調整装置61a~61dはマイクロコンピュータ47によって制御されるようになっている。マイクロコンピュータ47は、図5のアクチュエータ異常処理ルーチンの一部を図12に示すように変形したアクチュエータ異常処理ルーチンを実行する。

【0181】この場合、アクチュエータ異常処理ルーチンにおいては、操舵アクチュエータ15a~15dのうちの一つのみに異常が発生して、すなわちステップ202にて「YES」と判定されたとき、ステップ340にて各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2のグリップ力が制御可

能であるか否かを判定する。なお、この場合におけるグリップ力が制御可能であるか否かの判定は、タイヤ空気圧の調整機能を有する車両であるか否かを判定することを意味している。この第4変形例のように、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2に対応した空気圧調整装置61a~61dを備えていれば、ステップ340にて「YES」すなわちグリップ力が制御可能であると判定してプログラムをステップ342に進める。また、グリップ力が制御可能でなければ、ステップ340にて「NO」と判定して、上記実施形態と同様なステップ204~210の処理を実行する。

【0182】ステップ342においては、異常の発生した操舵アクチュエータに対応した車輪すなわち失陥輪に対応した空気圧調整装置を制御して、同失陥輪のタイヤ空気圧を所定量だけ上昇させて、同失陥輪のタイヤ空気圧を残りの正常な三つ操舵アクチュエータに対応した3車輪よりも高くなる。

【0183】これにより、失陥輪に対応したタイヤ空気圧が上昇されて、同失陥輪における路面との接地面積が小さくなる。この結果、この失陥輪のタイヤ摩擦力が小さくなり、同失陥輪のグリップ力が小さくなるので、同失陥輪による車両の操舵に対する影響が低くなり、車両を操舵ハンドル31の回動操作に応じて誘導し易くなる。

【0184】また、この第4変形例においては、失陥輪の左右反対側の車輪の修正操舵について示さなかったが、上記実施形態及び第1変形例のように、失陥輪の左右反対側の車輪を失陥輪の実操舵角の逆相値に操舵したり、失陥輪及びその左右反対側の車輪の操舵角を「0」にしたりする4輪独立操舵車両に適用できるものである。これによても、失陥輪の接地面積を小さくできて、同失陥輪のグリップ力が低下するので、同失陥輪の車両の操舵に対する影響が低くなり、車両を操舵ハンドル31の回動操作に応じて誘導し易くなる。

【0185】e. 第5変形例

次に、上記実施形態の第5変形例について説明する。この第5変形例は、前記第4変形例に代えて、図1に破線で示すように、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の車高を調整可能な車両に適用したものである。なお、この場合の車高とは、車体（車体の重心）と車軸との垂直距離を示している。この車両は、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2の車高を独立にそれぞれ調整可能な車高調整装置62a~62dを備えており、各車高調整装置62a~62dはマイクロコンピュータ47によって制御されるようになっている。マイクロコンピュータ47は、図13のアクチュエータ異常処理ルーチンの一部を図13に示すように変形したアクチュエータ異常処理ルーチンを実行する。

【0186】この図13のアクチュエータ異常処理ルーチンにおいては、図12のステップ342の処理がステ

ップ344の処理に変更されている。なお、この場合には、グリップ力が制御可能であるかは、車高調整機能を有する車両であるか否かを意味している。したがって、操舵アクチュエータ15a～15dのうちの一つのみに異常が発生して、各車輪Wf1, Wf2, Wr1, Wr2のグリップ力が制御可能であれば、ステップ202, 340においては、異常の発生した操舵アクチュエータに対応した車輪以外の3車輪すなわち失陥輪を除く3車輪に対応した車高調整装置をそれぞれ制御して、同失陥輪を除く3車輪の各車高を失陥輪の車高よりもそれぞれ所定量だけ高くする。

【0187】これにより、失陥輪の接地荷重が他の車輪の接地荷重に比べて小さくなるので、失陥輪のタイヤ摩擦力が小さくなつて、同失陥輪のグリップ力が小さくなる。したがつて、失陥輪の車両の操舵に対する影響が低くなり、車両を操舵ハンドル31の回動操作に応じて誘導し易くなる。

【0188】また、この第5変形例においても、上記実施形態及び第1変形例のように、失陥輪の左右反対側の車輪を失陥輪の実操舵角の逆相位に操舵したり、失陥輪及びその左右反対側の車輪の操舵角を「0」にしたりする4輪独立操舵車両に適用できるものである。これによつても、失陥輪の接地荷重を小さくできて、同失陥輪のグリップ力が低下するので、同失陥輪の車両の操舵に対する影響が低くなり、車両を操舵ハンドル31の回動操作に応じて誘導し易くなる。

【0189】さらに、上記実施形態及び各種変形例においては、4輪を独立に操舵可能な四輪独立操舵車両に本発明を適用した例について説明したが、上記実施形態及び各種変形例に示した技術に関しては、6輪、8輪などの多数の車輪を独立に操舵可能な車両にも適用できるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態に係る四輪独立操舵車両の概略図である。

【図2】 (A)～(D)はハンドル舵角と車速に応じて変化する旋回内側の前後輪の目標舵角の特性グラフである。

【図3】 図1の各輪の操舵状態の一例を示す概略図である。

【図4】 図1のマイクロコンピュータにて実行される操舵制御プログラムを表すフローチャートである。

【図5】 図4のアクチュエータ異常処理ルーチンの一部を詳細に示すフローチャートである。

【図6】 図3のアクチュエータ異常処理ルーチンの他の一部を詳細に示すフローチャートである。

【図7】 図1のマイクロコンピュータにて実行される制動制御プログラムのフローチャートである。

【図8】 上記実施形態の第1変形例に係る操舵制御プログラムの一部を示すフローチャートである。

【図9】 上記実施形態の第2変形例に係る操舵制御プログラムの一部を示すフローチャートである。

【図10】 上記実施形態の第2変形例に係るアクチュエータ異常処理ルーチンの一部を示すフローチャートである。

【図11】 上記実施形態の第3変形例に係るアクチュエータ異常処理ルーチンの一部を示すフローチャートである。

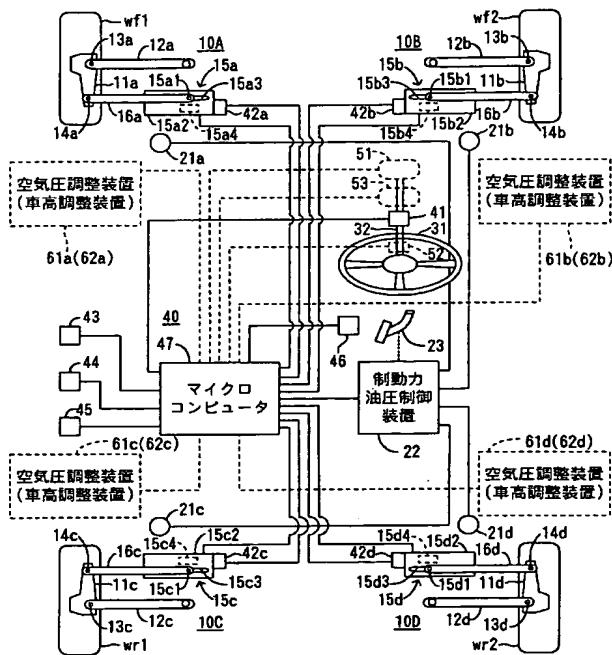
【図12】 上記実施形態の第4変形例に係るアクチュエータ異常処理ルーチンの一部を示すフローチャートである。

【図13】 上記実施形態の第5変形例に係るアクチュエータ異常処理ルーチンの一部を示すフローチャートである。

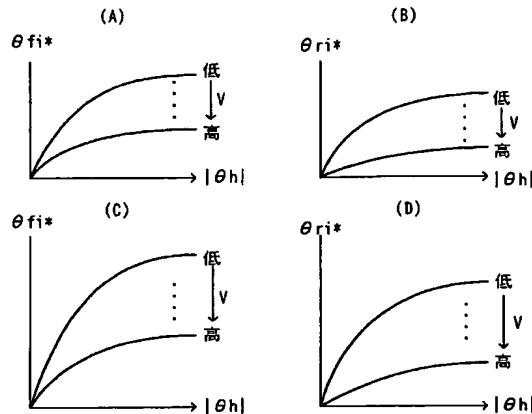
【符号の説明】

Wf1, Wf2, Wr1, Wr2…車輪、10A, 10B, 10C, 10D…操舵機構、15a～15d…操舵アクチュエータ、15a～15d4～リミッタ機構、21a～21d…ホイールシリング、22…制動力油圧制御装置、23…ブレーキペダル、31…操舵ハンドル、40…電気制御装置、41…ハンドル舵角センサ、42a～42d…車輪舵角センサ、43…車速センサ、44…ヨーレートセンサ、45…横加速度センサ、46…ブレーキスイッチ、47…マイクロコンピュータ、51…ハンドルアクチュエータ、52…操舵トルクセンサ、53…リミッタ機構、61a～61d…空気圧調整装置、62a～62d…車高調整装置。

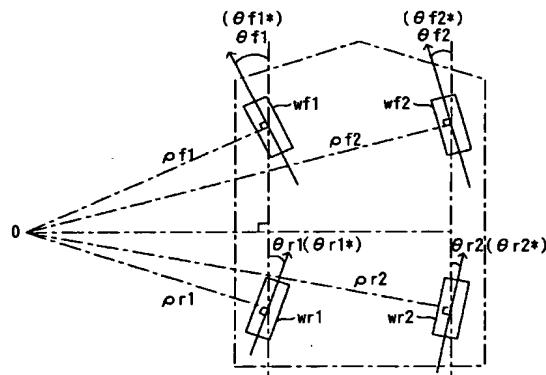
【図1】



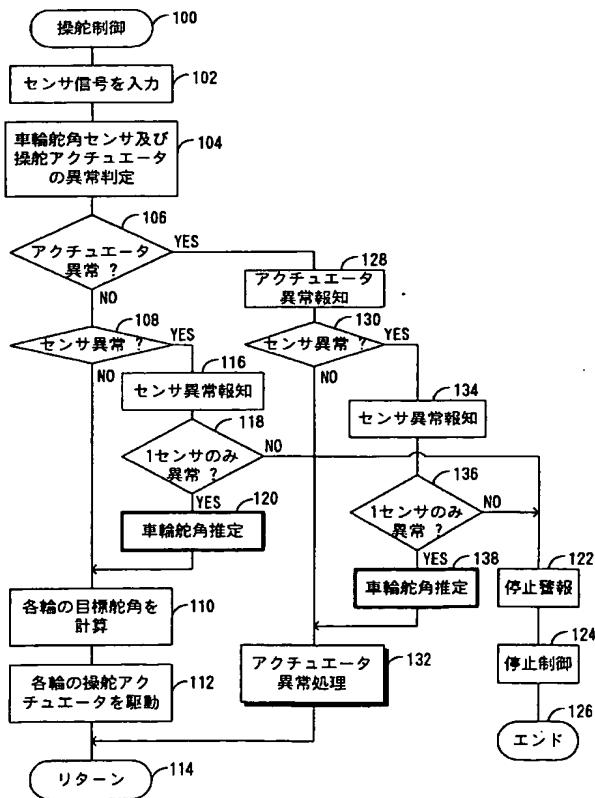
【図2】



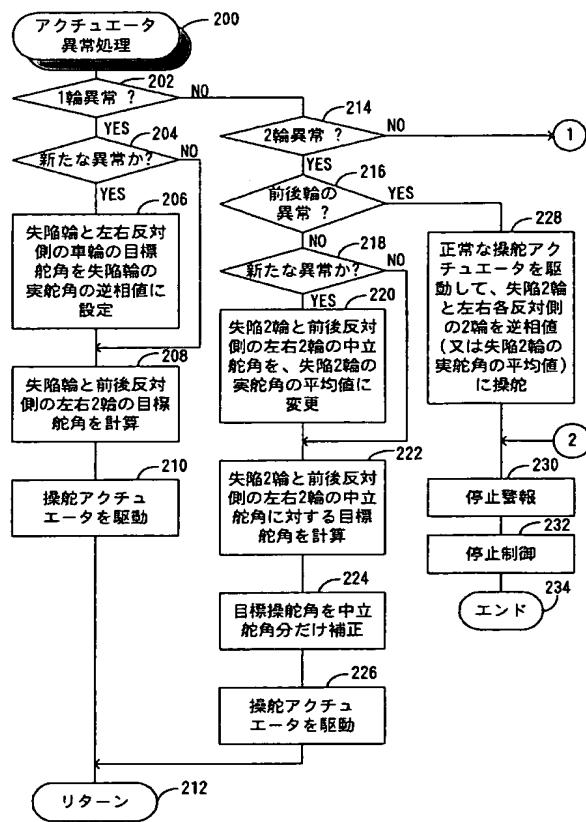
【図3】



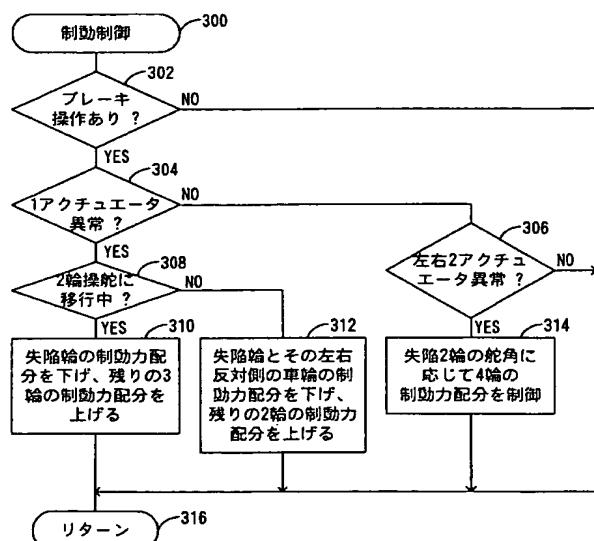
【図4】



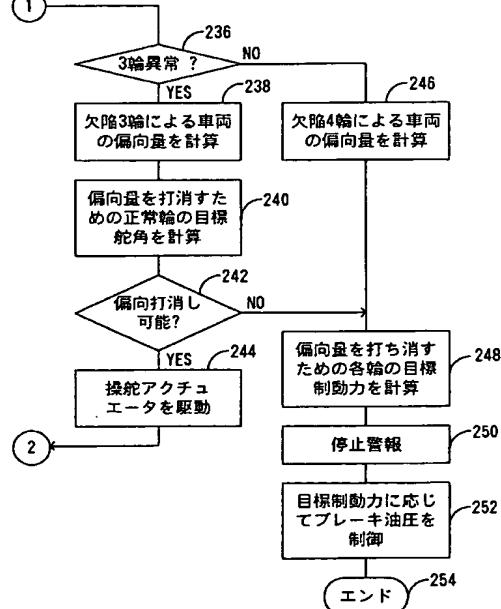
【図5】



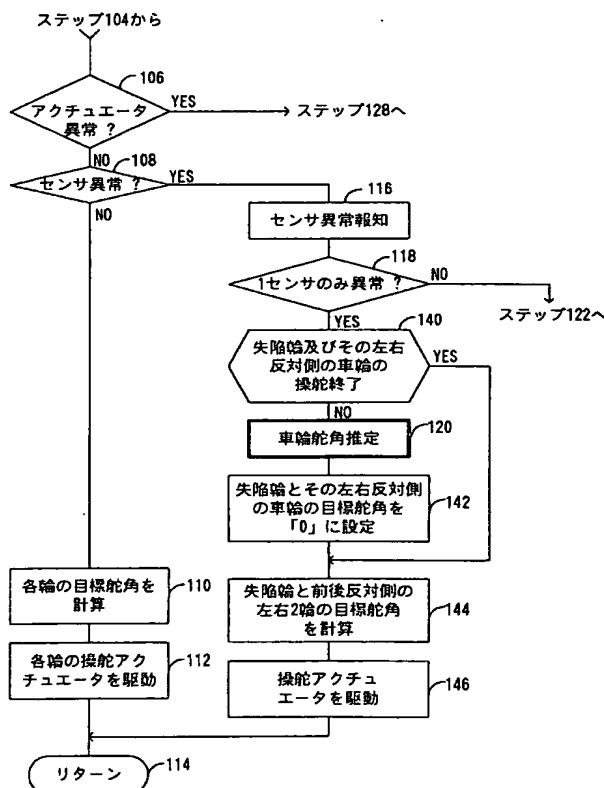
【図7】



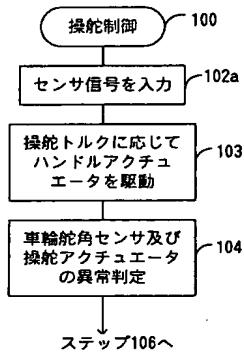
【図6】



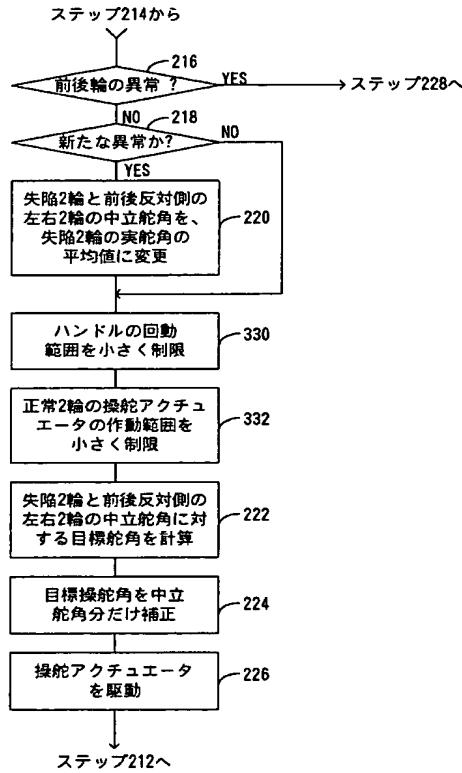
【図8】



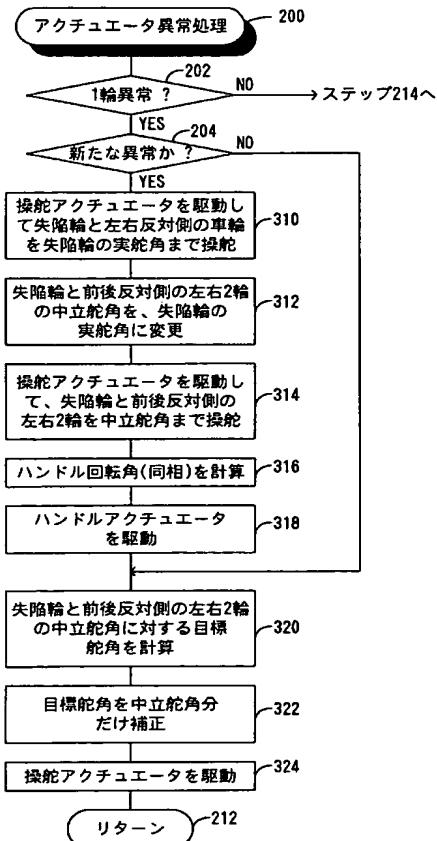
【図9】



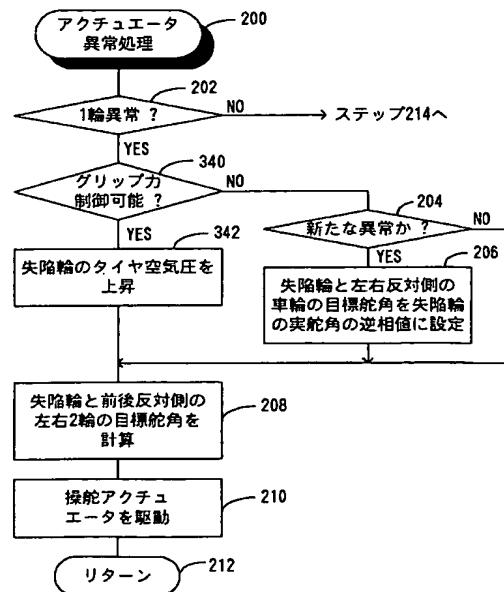
【図11】



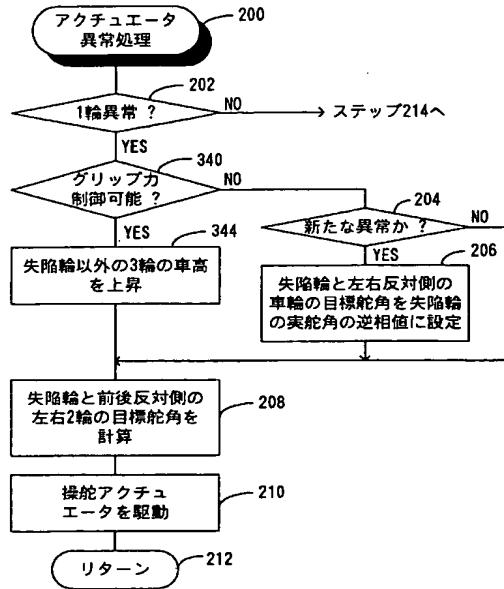
【図10】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72) 発明者 原 克哉
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
 車株式会社内

(72) 発明者 武田 修
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
 車株式会社内

(72) 発明者 古平 貴大
 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
 車株式会社内

F ターム(参考) 3D032 CC33 CC34 CC37 CC39 CC40
 DA02 DA06 DA29 DA33 DA93
 DB11 DC08 DD02 DE20 EA04
 EA09 EB04 EC01 EC40 FF01
 CC01
 3D034 CA10 CC03 CC08 CC06 CC07
 CC12 CC13 CC16 CC20 CB05
 CE13